

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA



KATEDRA FINANCÍ

Aplikace metodologie reálných opcí při ocenění projektu

Real options methodology application for project valuation

Student: Bc. Petra Pališková

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Čulík, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petra Pališková**
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: 6202T010 Finance
Specializace: 00 Finance
Téma: **Aplikace metodologie reálných opcí při ocenění projektu**
Real options methodology application for project valuation

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
 2. Charakteristika a popis reálných opcí
 3. Popis podniku a projektu
 4. Ocenění projektu aplikací metodologie reálných opcí
 5. Zhodnocení výsledků
 6. Závěr
- Seznam použité literatury
Seznam zkratk
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce
Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:


MUN, J. *Real options analysis: tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. 1st Ed. New York: J. Wiley and Sons, Inc., 2002. 386 s. ISBN 0-471-25696-X.
TRIGEORGIS, L. *Real Options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge: The MIT Press, 1998. 427 s. ISBN 0-262-20102-X.
ZMEŠKAL, Z. a kol. *Finanční modely*. 2. vyd. Praha: Ekopress, s. r. o., 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miroslav Čulík, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 30.04.2010


Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracovala samostatně.

V Ostravě dne 30. dubna 2010

Podpis:

.....

Petra Pališková

Obsah

1	ÚVOD	6
2	CHARAKTERISTIKA REALNÝCH OPCÍ	8
2.1	Čistá současná hodnota (Net present value)	9
2.1.1	Základní parametry sloužící k hodnocení projektu	9
2.1.2	Ocenění projektu metodou NPV (Net Present Value).....	12
2.2	Aplikace reálných opcí	13
2.2.1	Finanční opce	14
2.2.2	Vztah mezi finančními a reálnými opcemi	15
2.2.3	Oceňování reálných opcí	16
2.2.4	Typologie reálných opcí	18
2.3	Simulace náhodného vývoje aktiv.....	33
2.3.1	Finanční model náhodné procházky	33
2.3.2	Mean – Reversion model	35
2.4	Analýza rizika	36
2.4.1	Value at risk	36
2.4.2	Expected shortfall.....	38
3	POPIS PODNIKU A PROJEKTU	39
3.1	Profil společnosti ERLÉN s.r.o.	39
3.2	Popis projektu	40
4	OCENĚNÍ PROJEKTU APLIKACÍ METODOLOGIE REÁLNÝCH OPCÍ.....	41
4.1	Odhad modelu včetně statistických testů.....	42
4.1.1	Odhad modelu kurzu CZK/USD	42
4.1.2	Odhad modelu pro cenu zinku	46
4.2	Predikce vývoje náhodných proměnných pro odhad cen produkce.....	49
4.2.1	Predikce kurzu CZK/USD dle GBP	49
4.2.2	Predikce ceny zinku dle GBP	51
4.2.3	Predikce provozních nákladů	53
4.2.4	Predikce ceny za kilogram pozinkovaného materiálu	54
4.3	Ocenění projektu tradiční metodou NPV	55
4.4	Ocenění projektu pro vybrané typy opcí	60
4.4.1	Opce na dočasné přerušení projektu (option to temporarily shut down).....	61

4.4.2	Opce na ukončení projektu (option to abandon a project).....	66
4.4.3	Opce na rozšíření projektu (option to expand a project)	73
4.4.4	Opce na zúžení projektu (option to contract a project)	80
5	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	88
6	ZÁVĚR	95
	Seznam použité literatury	97
	Seznam zkratk	
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	

1 ÚVOD

V dnešním světě rychlého a globalizovaného vývoje čelí firmy velké konkurenci. Hlavní strategií firem je proto neustálé budování a udržování konkurenční výhody. Novou filozofií firem je nasazování opčních metod, které umožňují vylepšení racionality investičního rozhodování.

Investiční projekty jsou oceňovány buď tradiční metodou NPV, kde nejsou zohledněny možné budoucí zásahy managementu, nebo metodologií reálných opcí, kde je již flexibilní rozhodování managementu zohledněno.

Zásahy managementu do projektu v průběhu jeho životnosti jsou úzce spjaté s děním na trhu. Díky flexibilnímu rozhodování managementu tak podnik může reagovat na nepříznivé či příznivé podmínky na trhu a snižovat tak možnou ztrátu či zvyšovat hodnotu projektu. Aplikací přístupu NPV je projekt oceněn bez zohlednění budoucích možných zásahů do projektu. Aplikace přístupu NPV, kde jsou již tyto budoucí možné zásahy zohledněny, jsou obecně označovány jako reálné opce.

Cílem diplomové práce je ocenění výrobního projektu společnosti Erlen, s.r.o. aplikací metodologie reálných opcí. Pro ocenění jsou použity základní přístupy: tradiční přístup ocenění investice NPV a metodologie reálných opcí. Ocenění je na bázi simulací 1000 scénářů po dobu životnosti projektu.

Firmou je v roce 2010 realizován projekt na rozšíření výroby. Investice do toho projektu zahrnuje nákup budovy a strojů sloužících pro provoz pozinkování materiálu. Investice do nového projektu si vyžádá celkové investiční náklady ve výši 30 000 000 Kč. Investice je realizována během jednoho roku a ještě v témže roce uvedena do provozu. Doba životnosti projektu je 20 let. Cenu produkce ovlivňují náhodné proměnné a těmi jsou zvoleny cena zinku prodávaná na Londýnské burze za USD/tunu a kurz CZK/USD.

Diplomová práce je rozčleněna do čtyř kapitol.

Teoretická část komplexně zachycuje charakteristiku a popis reálných opcí. Je popsán přístup aplikace reálných opcí společně s typologií reálných opcí a popisem oceňování reálných opcí. Kapitola obsahuje také charakteristiku základního parametru sloužícího

k hodnocení projektu, a to kritérium NPV (Net Present Value). Pro ocenění projektu aplikací metodologie reálných opcí je v této kapitole věnována pozornost charakteristice simulace náhodného vývoje aktiv a charakteristice hodnoty Value at Risk a Expected Shortfall.

Aplikačně-ověřovací část diplomové práce se skládá z kapitoly, kde je popsán podnik a také projekt, na který je aplikována metodologie reálných opcí.

Dále pak tato část obsahuje kapitolu, kde již je na daný projekt metodologie reálných opcí aplikována. Pro aplikaci metodologie reálných opcí je kapitola rozdělena do podkapitol, které jsou věnovány odhadu modelu včetně statistických testů (odhad modelu pro vývoj kurzu CZK/USD a odhad modelu pro vývoj ceny zinku), predikci vývoje náhodných proměnných pro odhad cen produkce (predikce kurzu CZK/USD a ceny zinku dle GBP, predikce provozních nákladů, predikce ceny produkce), ocenění projektu tradiční metodou NPV.

Po výpočtu veškerých potřebných údajů je poslední podkapitola věnována ocenění projektu pro vybrané typy opcí, a to pro opci na dočasné přerušení projektu, opci na ukončení výroby, opci na zúžení projektu a opci na rozšíření projektu. Pro všechny typy opcí je provedena citlivostní analýza a analýza rizika.

Poslední kapitola aplikačně-ověřovací části je věnována zhodnocení a srovnání výsledků získaných oceněním projektu jak na základě tradičního kritéria používaného pro investiční rozhodování, kritéria NPV, tak na základě ocenění projektu metodologií reálných opcí.

2 CHARAKTERISTIKA REALNÝCH OPCÍ

Tradičním přístupem oceňování investičních projektů je pravidlo čisté současné hodnoty (NPV). NPV je obecně definováno jako rozdíl mezi diskontovanou hodnotou očekávaných peněžních toků z projektu a kapitálovými výdaji. Obecně se NPV považuje za základní nástroj investičního rozhodování a hodnocení investičních projektů. Při tomto tradičním způsobu hodnocení projektu se rozhodování řídí jednoduchým pravidlem, a to realizovat projekt, pokud je hodnota tohoto ukazatele kladná a projekt nerealizovat, pokud je hodnota tohoto ukazatele záporná. Metoda NPV patří do metod ocenění projektu pasivním způsobem. Pasivní je tento způsob ocenění proto, že v průběhu životnosti projektu se nepočítá s žádným zásahem do projektu. Dále pak nezohledňuje změnu dění na trhu, které se v průběhu životnosti projektu mění a mění se tak podmínky úzce související s projektem a jeho výnosností. Dle posledních výzkumů teoretiků a praktiků se ukazuje být metoda NPV neadekvátní a to zejména u komplexních projektů v odvětvích s vysokým stupněm rizika. Jedná se zejména o projekty, které jsou ovlivňovány změnou jak podmínek interních podnikových, tak podmínek na trhu. Díky těmto možným změnám se předpokládá flexibilita v rozhodování manažera projektu, a to buď v předem stanovených časových intervalech, nebo kdykoliv v průběhu realizace projektu. Díky těmto změnám na trhu, s nimiž management při oceňování projektu tradiční metodou nepočítá, mohou být doporučení a závěry managementu na základě aplikace tradičních hodnotících kritérií nepřesné nebo dokonce i nesprávné.

Pokud je vyhodnocována efektivnost investice při použití tradičních kritérií založených na bázi diskontovaných peněžních toků, tak se předpokládá, že naplánovaná strategie postupu řízení projektu bude ve všech fázích jeho životnosti dodržena a očekávané hodnoty budou totožné se skutečnými. Toto očekávání se však může od skutečnosti lišit a v tom případě, pokud bude muset manažer projektu vhodným způsobem reagovat. To může vést k situacím, že mohou být zamítnuty projekty, u kterých by mohla být v budoucnosti využita možnost učinit určitá rozhodnutí a to s ohledem na konkrétní podmínky a fáze, v nichž se daný projekt právě nachází. Tato budoucí dodatečná rozhodnutí ovlivňují budoucí peněžní toky generované projektem a tedy i jeho celkovou hodnotu vyjádřenou např. pomocí kritéria NPV. Hodnotu těchto budoucích možných rozhodnutí (opcí) je tedy nutno určitým způsobem zakalkulovat do celkové hodnoty projektu. Pokud není tato hodnota zakalkulována do celkové hodnoty projektu, nelze získat objektivní výsledek a tedy i učinit správné rozhodnutí.

Při rozhodování na základě tradičního kritéria NPV, se manažer rozhoduje na základě informací, které jsou mu k dispozici v daný okamžik. Pro rozhodování manažera jsou rozhodující budoucí očekávané peněžní toky generované projektem, náklady kapitálu, atd. Toto očekávání se však posléze může od skutečnosti lišit. Z tohoto důvodu je nutno při rozhodování o přijetí či zamítnutí projektu vždy uvažovat i s možnostmi zásahu do již zahájených projektů v průběhu jejich životnosti, a to s ohledem na měnící se interní nebo externí podmínky. Tyto možnosti zásahu nebo jiného typu dodatečného rozhodnutí se ve finanční teorii označuje jako tzv. manažerská flexibilita.

Základními nástroji investičního rozhodování jsou ekonomická kritéria hodnocení investičních projektů. Investice se podle možností aktivních zásahů v budoucnu dělí na:

1. *Pasivní investice* – kde se neuvažuje o aktivních manažerských zásazích v době životnosti projektu (ocenění na základě kritéria NPV).
2. *Aktivní investice* – kde se již připouští, že je možno během provozování investice, zasahovat v podobě aktivních manažerských rozhodnutí jako například rozšíření, zúžení, zastavení a odložení projektu (ocenění metodologií reálných opcí), viz Dluhošová (2006)

2.1 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA (NET PRESENT VALUE)

Tato podkapitola je zaměřena na pasivní přístup ocenění investičního projektu, pro který bylo vybráno ocenění pomocí kritéria čisté současné hodnoty *NPV*. Dále je třeba upřít pozornost i na základní parametry, dle kterých jsou investice hodnoceny, a to na relevantní peněžní toky z projektu, náklady kapitálu a na životnost projektu.

2.1.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY SLOUŽÍCÍ K HODNOCENÍ PROJEKTU

Mezi základní ekonomické parametry hodnocení investičních projektů patří:

1. *Relevantní peněžní toky z projektu FCF*.

Investiční projekty jsou realizovány na základě výše a časové struktury budoucích efektů v podobě peněžních výdajů a příjmů, které mají zajistit rozvoj fungování podniku. Stanovení peněžních toků generovaných z investičních projektů je klíčové pro správné vyhodnocení efektivnosti investice. Při vyhodnocování se predikuje hodnota peněžních

toků po dobu životnosti investice. Volné peněžní toky tvoří příjmy a výdaje plynoucí z investičního projektu. Peněžní toky jsou tvořeny během životnosti projektu, a to v době výstavby, provozu a ve fázi likvidace. Příjmy a výdaje, které jsou rozhodující při investičním rozhodování, jsou pouze ty, které znamenají změnu oproti situaci před realizací projektu.

Peněžní toky z investice tvoří dvě základní složky:

- *Jednorázové kapitálové výdaje.*

Jednorázové kapitálové výdaje se skládají z výdajů na nákup dlouhodobého hmotného majetku, dlouhodobého nehmotného majetku INV a výdajů na přírůstek čistého pracovního kapitálu $\Delta\check{CPK}$. Složení JKV lze zapsat následovně

$$JKV = INV + \Delta\check{CPK}. \quad (1)$$

- *Provozní příjmy z investice.*

Provozní budoucí příjmy, pokud se neuvažuje s dalším investováním v průběhu životnosti projektu, jsou tvořeny čistým ziskem (Earnings After Taxes), odpisy a změnou čistého pracovního kapitálu. Vzorec pro výpočet peněžních toků z nezadluženého projektu je znázorněn takto

$$FCF = EAT + ODP - \Delta\check{CPK}, \quad (2)$$

kde FCF jsou provozní příjmy z nezadlužené investice, EAT je zisk po zdanění, ODP jsou odpisy, $\Delta\check{CPK}$ je změna čistého pracovního kapitálu, viz Dluhošová (2006)

2. *Náklad kapitálu R.*

Náklady na kapitál jsou důležitým faktorem při hodnocení investičního projektu, kde se klade velký důraz na faktor času, jelikož jsou náklady kapitálu využívány jako diskontní sazba při určování současné hodnoty peněžních toků z investice. Velikost nákladů kapitálu je ovlivněna mnoha faktory, a to rizikovostí projektu, strukturou projektu a způsobem financování projektu.

Pro určení velikosti nákladů na kapitál se počítá s:

I. Náklady na celkový kapitál.

Pro určení nákladů na celkový kapitál slouží vzorec:

$$WACC = \frac{R_D(1-t) \cdot D + R_E \cdot E}{D+E}, \quad (3)$$

kde R_D jsou náklady na úročený cizí kapitál, t je sazba daně z příjmů, D je úročený cizí kapitál (*Debt*), R_E jsou náklady vlastního kapitálu E nevlastní kapitál.

II. Náklady na cizí kapitál.

Náklady kapitálu, které firma získá formou dluhu R_D (např. formou úvěru) se vyjadřují v podobě úroku sníženého o daňový štít, tedy o úspory z daní, které z použití cizího kapitálu plynou, tedy

$$R_D = i(1 - t), \quad (4)$$

kde i je úroková míra z dluhu, t je sazba daně, viz Dluhošová (2006).

III. Náklady na vlastní kapitál.

Základními metodami, které jsou využívány pro určení nákladů vlastního kapitálu, jsou:

- *Model oceňování kapitálových aktiv – CAPM (Capital Asset Pricing Model).*

Model *CAPM* je modelem stanovujícím náklady na vlastní kapitál tržním způsobem. Jedná se o rovnovážný model oceňování kapitálových aktiv, kde je rovnováha stanovena stejným mezním sklonem očekávaných výnosů a rizika pro všechny investory. Je založen na lineárním vztahu mezi výnosem daného aktiva a tržního portfolia jako rizikového faktoru, který vyjadřuje celé tržní riziko.

Model *CAPM – SML* beta verze,

$$E(R_E) = R_F + \beta_E [E(R_M) - R_F], \quad (5)$$

kde $E(R_E)$ je očekávaný (střední hodnota) výnos vlastního kapitálu, R_F je bezriziková sazba, β_E je koeficient citlivosti dodatečného výnosu vlastního kapitálu na dodatečný výnos tržního portfolia, $E(R_M)$ je očekávaný výnos tržního portfolia.

Beta koeficient je ovlivněn rovněž zadlužeností firmy. Lze určit hodnotu beta zadlužené firmy β^L v závislosti na beta nezadlužené firmy β^U a zadluženosti vlastního kapitálu $\frac{D}{E}$, jestliže t je daňová sazba následovně

$$\beta^L = \beta^U \cdot \left[1 + (1 - t) \cdot \frac{D}{E} \right]. \quad (6)$$

- *Arbitrážní model oceňování – APM (Arbitrage Pricing Model).*
- *Dividendový růstový model.*
- *Stavebnicové modely.*

3. Doba životnosti investice T .

Existují dva druhy životnosti projektu, a to:

I. *Technická životnost projektu.*

Technická životnost projektu je spojena s fyzickým opotřebením zařízení investice a je dána technickými parametry dlouhodobého majetku.

II. *Ekonomická životnost projektu.*

Ekonomická životnost projektu závisí na reálné využitelnosti produktů investice, kde závisí na poptávce po těchto produktech, viz Dluhošová (2006)

2.1.2 OCENĚNÍ PROJEKTU METODOU NPV (NET PRESENT VALUE)

Čistá současná hodnota (*Net Present Value, NPV*) představuje rozdíl současné hodnoty všech budoucích peněžních příjmů z projektu (po zahájení výroby) a současné hodnoty výdajů vynaložených na investiční projekt (do zahájení výroby). Kritérium je metodicky založeno na principu současné hodnoty. Pojmem čistá současná hodnota je zdůrazněno, že se jedná o přebytek, tedy že od současné hodnoty provozních příjmů jsou odečteny vložené kapitálové výdaje a kritérium tedy vyjadřuje tento přebytek. Vztah pro NPV lze napsat takto

$$NPV = \sum_{t=1}^T FCF_t (1 + R)^{-t} - JKV, \quad (7)$$

kde T je doba životnosti projektu, R je náklad kapitálu, FCF_t jsou volné peněžní toky v jednotlivých letech provozu investice, JKV jsou jednorázové kapitálové výdaje (investice).

Hodnotu kritéria lze interpretovat jako absolutní přírůstek majetku z realizace investice. Podle tohoto kritéria bude realizován projekt v případě, že $NPV > 0$, a zamítnut v případě, že $NPV \leq 0$.

Investiční projekt s kladnou čistou současnou hodnotou zvyšuje hodnotu podniku, neboť očekávaná výnosnost z projektu je větší než náklady na kapitál. Projekt se zápornou čistou současnou hodnotou snižuje hodnotu podniku. Tedy čím je hodnota NPV větší, tím je investiční projekt výhodnější a více přispívá k růstu hodnoty podniku.

Za výhodu tohoto kritéria lze považovat, že se vychází z finančních toků, je respektován faktor času, náklad kapitálu může být měněn v čase a vlastnost aktivity. Aditivitou lze rozumět možnost sčítat NPV jednotlivých projektů, tedy

$$NPV_P = \sum_i NPV_i. \quad (8)$$

Za určitou nevýhodu lze považovat možnost umělého nadhodnocování projektu tím, že se stanoví delší doba životnosti projektu, než odpovídá reálným podmínkám, viz Dluhošová (2006)

2.2 APLIKACE REÁLNÝCH OPCÍ

Opce jsou finančními deriváty, jejichž cena se stanovuje podle hodnoty podkladového aktiva. Pojem „*OPCE*“ může být chápán jako právo v budoucnosti prodat nebo koupit aktivum. Může jít o:

- *Finanční opce* – jsou chápány jako právo na budoucí nákup nebo prodej nějakého aktiva.
- *Reálné opce* – můžeme chápat jako právo na inkasování budoucích peněžních toků souvisejících např. s koupí nebo prodejem aktiv podniku.

Novým přístupem při investičním rozhodování a určování hodnoty firmy je aplikace metodologie reálných opcí, tedy aplikace metodiky finančních opcí na reálná aktiva podniku a odvětví. Reálnými opcemi se rozumí přístup při finančním rozhodování o reálných aktivech (aktiva, dluh, vlastní kapitál, investice, půda, komodity, náklady výzkumu, technologie, procesy) při strategickém rozhodování nefinančních institucí. Flexibilitou se rozumí, že oproti pasivním finančním strategiím se uvažuje s aktivními zásahy manažerů. Těmito aktivními zásahy jsou opce, které mají reálnou hodnotu a lze je pomocí opční metodologie ocenit, viz Dluhošová (2006)

2.2.1 FINANČNÍ OPCE

Finanční opce (*Option*) udávají právo na nákup (prodej) podkladového aktiva za předem stanovenou cenu k určitému časovému intervalu. Kontraktu se účastní dva subjekty, kupující (*Holder*) a prodávající (*Writer*). Podle očekávaného vývoje podkladového aktiva, na který se sází, lze rozlišit dvě pozice, dlouhou a krátkou pozici. Dlouhá (*Long*) pozice sází na růst a krátká (*Short*) pozice sází na pokles ceny podkladového aktiva. U opcí je kupující ve volné pozici a má možnost volby využít opční právo a prodávající je v těsné pozici a má povinnost splnit přání kupujícího.

Podle práva, kdy může být opce uplatněna, rozlišujeme evropskou a americkou opci. Evropská opce je využitelná pouze v momentu realizace a americká opce je využitelná kdykoliv po celou dobu do momentu realizace.

Základní jednoduché opce (*Plain Vanilla*) se dělí dle práva kupujícího na put opce a call opce. Put opce nesou právo prodat a call opce nesou právo koupit podkladové aktivum za realizační cenu.

Základními parametry charakterizujícími finanční opce jsou:

1. *Podkladové aktivum S (Underlying Asset)* je finanční (cena akcie, burzovní index, cena obligace, úroková sazba, měnový kurz, cena komodity, finanční derivát) či nefinanční faktor (weather derivát, energetický derivát).
2. *Realizační cena (Exercise Price)* dohodnutá cena podkladového aktiva na dobu realizace.

3. *Doba splatnosti (Maturity date)* konec období, na který je derivát uzavřen.
4. *Cena opce (Option Price, Premium)* je cenou opce při uzavření kontraktu za opční právo.
5. *Vnitřní hodnota (Pay-off Function)* udává velikost výplaty v momentu využití opce.
6. *Zisk z opce* je velikost výplaty v době realizace po zohlednění ceny opce, jedná se o hru s nulovým součtem, tedy zisk kupujícího je ztráta prodávajícího, viz Dluhošová (2006)

2.2.2 VZTAH MEZI FINANČNÍMI A REÁLNÝMI OPCEMI

Pokud jsou reálná aktiva oceňována metodologií oceňování finančních opcí, je přístup ocenění nazýván reálnými opcemi. Pro každý typ opce je definováno podkladové aktivum, realizační cena, okamžik uplatnění a funkce vnitřní hodnoty, a to je následně používáno k oceňování opcí reálných na principu oceňování opcí finančních. Reálné a finanční opce se liší a jejich odlišnosti jsou uvedeny v tabulce 2.2 a 2.3, viz Čulík (2008)

Tab 2.2: Srovnání finančních a reálných opcí

FINANČNÍ OPCE	REÁLNÁ OPCE
Cena podkladového aktiva	Současná hodnota budoucích cash flow
Realizační cena	Investiční výdaj
Doba do splatnosti opce	Doba životnosti projektu
Volatilita ceny podkladového aktiva	Volatilita hodnoty projektu
Bezriziková úroková sazba	Bezriziková úroková sazba

Zdroj : Čulík. (2008)

Tab. 2.3: Rozdíly mezi finančními a reálnými opcemi

Parametr / typ opce	Finanční opce	Reálná opce
Doba splatnosti	krátká, obvykle v měsících	delší, obvykle v letech
Podkladové aktivum	tržní cena finančního aktiva	peněžní toky generované projektem
Možnost ovlivňovat cenu opce	není	možnost ovlivňovat management firmy
Cena opce	relativně nízká	relativně vysoká
Vliv konkurenčních a tržních efektů na cenu opce	irelevantní	relevantní
Oceňování	používají se analytické i numerické techniky včetně simulací	vzhledem k charakteru reálných opcí (zpravidla amerického typu) se využívají zejména diskrétní modely
Obchodovatelnost	veřejně obchodovatelný finanční instrument	Veřejně neobchodovatelná, v podstatě se jedná o vlastnictví, na trhu neexistuje srovnatelný obchodovatelný instrument
Vliv managementu na cenu opce	přístupy a rozhodnutí managementu nemají vliv na výsledek ocenění	Rozhodnutí managementu mají významný vliv na cenu opce

Zdroj : Čulík (2008)

2.2.3 OCEŇOVÁNÍ REÁLŇÝCH OPCÍ

Manažerská flexibilita jako možnost volby (opce) by měla být vždy zakalkulována do NPV projektu a jako aktivní složka by měla vždy zvyšovat celkovou hodnotu projektu. Na základě tohoto předpokladu pak takto stanovené kritérium umožňuje managementu realizovat i ty projekty, jejichž hodnota vypočtená tradičním pasivním přístupem (a tedy bez možnosti dodatečných zásahů do projektu) by byla záporná. Hodnota budoucích zásahů je stejně jako v případě finančních opcí označována jako opční premie, jejíž hodnota musí být připočtena

k hodnotě vypočtené použitím klasické *NPV* (tedy bez opce) a zohledněna v konečném rozhodování firmy. Možnost realizace budoucích rozhodnutí by měly být zahrnuté v kritériu hodnocení projektu následujícím způsobem:

$$NPV(s\ opcí) = NPV(bez\ opce) + \text{hodnota manažerské flexibility (opční prémie)}. \quad (9)$$

Z uvedeného vztahu plyne, že hodnota manažerské flexibility a tedy cena opce (opční prémie) může být vyjádřena takto,

$$\text{cena opce} = NPV(s\ opcí) - NPV(bez\ opce). \quad (10)$$

Na tomto vztahu je založena metoda hodnocení investičních projektů na bázi reálných opcí, kdy je vypočtena *NPV* projektu včetně budoucích možných zásahů do projektu (reálných opcí). Hodnota reálné opce (nebo portfolia opcí) představuje doplněk k rozhodovacímu kritériu *NPV*. V porovnání s tradičními metodami, které předpokládají možnost provést pouze jedno rozhodnutí (a to zda přijmout nebo zamítnout projekt), při aplikaci reálných opcí se vychází z předpokladu existence dynamického portfolia budoucích rozhodnutí, v důsledku kterých má management možnost přizpůsobovat projekt daným změnám v podnikovém prostředí. Proto metoda reálných opcí slouží nejen jako test reálnosti výsledků získaných aplikací kritérií na bázi diskontovaných peněžních toků, ale i jako východisko pro ocenění projektu v případě, že dojde k propojení těchto dvou přístupů.

Vzhledem k tomu, že metody oceňování opcí jsou založeny na principu „rizikově neutrálního“ přístupu, tzn. výnosy všech aktiv, jsou rovny bezrizikové sazbě a tedy i při výpočtu současné hodnoty je tato sazba používána, není nutno při oceňování projektu s reálnými opcemi a při použití těchto metod počítat s rizikově upravenou sazbou, ale sazbou bezrizikovou, viz Čulík (2008)

Oceňování opcí je možno provádět analyticky (např. Black – Scholesův model) nebo numericky (např. binomický, trinomický model) nebo pomocí simulace (metoda Monte Carlo).

Základní proměnné určující cenu reálné opce

Základním předpokladem pro aplikaci metodologie reálných opcí je definování základních parametrů jednotlivých typů opcí, které mají být oceněny a které určují jejich hodnotu. Mezi tyto parametry patří:

- *Hodnota podkladového aktiva* – podkladovým aktivem u reálných opcí je cash flow projektu v čase t . Hodnota kupní opce závisí na velikosti podkladového aktiva. Pokud hodnota podkladového aktiva roste, roste i hodnota kupní opce. U opce prodejní platí opak.
- *Realizační cena* – u reálných opcí představuje investiční výdaj, který musí být vynaložen v případě uplatnění kupní opce, u prodejních opcí představuje většinou ušetřené investiční výdaje příp. prodejní cenu aktiva.
- *Doba do splatnosti opce* – je doba, kdy je možno opci uplatnit. V případě americké opce lze opci uplatnit po celou dobu životnosti projektu, ale pro opci evropskou tomu tak není. Evropskou opci lze uplatnit pouze v předem určeném roce.
- *Volatilita hodnoty podkladového aktiva* – hodnota opce a tedy i projektu je tím vyšší, čím vyšší je riziko podkladového aktiva vyjádřené jeho volatilitou. Tato vlastnost platí pro kupní i prodejní opce, protože se zvyšuje pravděpodobnost jejich uplatnění. Parametr rizika projektu a jeho vliv na hodnotu projektu představuje klíčový rozdíl při porovnání s tradičními výnosovými metodami. Zatímco u těchto metod se hodnota projektu s rostoucím rizikem snižuje, pak v případě oceňování na bázi metodologie reálných opcí je tomu naopak.
- *Bezriziková sazba* – čím vyšší je tato sazba, tím vyšší je hodnota opce, viz Čulík (2008)

2.2.4 TYPOLOGIE REÁLNÝCH OPCÍ

Reálné opce mohou být klasifikovány podle několika kritérií. Stejně jako opce finanční mohou být rozděleny na opce amerického typu (kdy může manažer do projektu zasáhnout v průběhu celé životnosti projektu) a opce evropského typu (kdy má manažer stanovený okamžik, kdy může do projektu zasáhnout). Dalším kritériem, dle kterého mohou být reálné opce klasifikovány, je z hlediska možnosti flexibility rozhodování. Následující

podkapitoly jsou věnovány popisu základních typů reálných opcí. Pozornost je věnována zejména definování základních proměnných určujících daný typ funkce, funkci vnitřní hodnoty a rozhodovací funkci. Pro názornost je každý typ opce doplněn o vhodné grafické znázornění a jednoduchý ilustrační příklad.

Mezi základní typy opcí z hlediska možnosti (flexibility rozhodování) patří:

1. *Opce na rozšíření projektu (option to expand a project).*
2. *Opce na zúžení projektu (option to contract a project).*
3. *Opce na ukončení projektu (option to abandon a project).*
4. *Opce na dočasné přerušení projektu (option to temporarily shut down).*
5. *Opce na změnu ve výrobně-provozní technologii (option to switch operating moles).*
6. *Opce na odložení zahájení projektu (option to defer a project).*

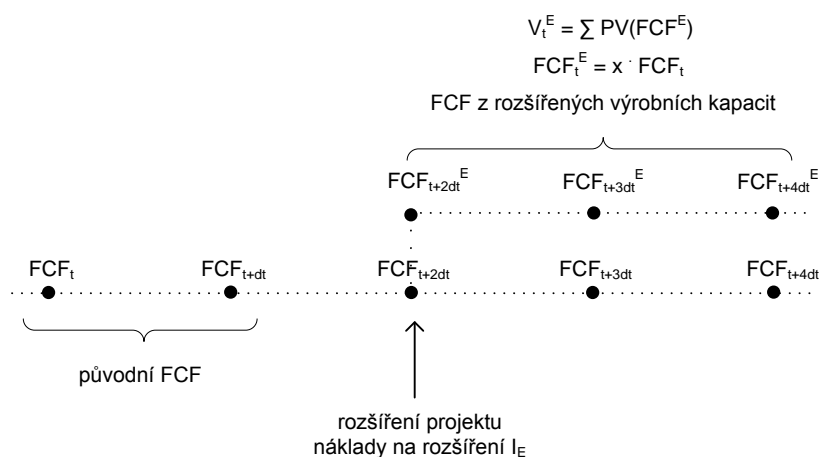
Opce na rozšíření projektu (option to expand a project)

Opce na rozšíření se využívá u již zavedeného projektu k rozšíření jeho původní velikosti. K rozšíření dochází díky příznivým podmínkám na trhu, které se vyvíjí optimističtěji, než bylo předpokládáno na počátku projektu. Nastane-li tato situace, je opce uplatněna. V případě opce na rozšíření projektu se jedná o kupní opci. Management má možnost rozšířit původní kapacitu již zahájeného projektu, a to o x %, při investičních výdajích vynaložených na rozšíření těchto dodatečných kapacit ve výši I^E .

Opce může být dvojího typu, a to opce Amerického typu a opce Evropského typu. V případě opce Evropského typu je možné opci uplatnit pouze v určitém roce, tedy rozšíření je možné pouze v tomto roce. V případě Americké kupní opce se jedná o opci na hodnotu cash flow projektu z dodatečných rozšiřovacích kapacit diskontovaných k okamžiku uplatnění opce, kterou lze využít po celou dobu životnosti projektu.

Kupní opce na peněžní toky generované z rozšířených výrobních kapacit, bude managementem firmy uplatněna za podmínky, že jejich současná hodnota k okamžiku rozhodnutí o rozšíření je vyšší než investiční výdaje na rozšíření, viz obr. 2.1.

Obr. 2.1: Peněžní toky generované projektem po rozšíření



Zdroj: Čulík. (2008)

Základní parametry opce na rozšíření projektu, které mají vliv na hodnotu opce, jsou definovány následovně:

1. Podkladové aktivum.

Podkladovým aktivem pro opci na rozšíření je současná hodnota očekávaných peněžních toků z rozšířené části projektu mezi roky t a T diskontovaných k okamžiku rozhodování, jejichž výpočet je následující:

$$FCF_t^E = x \cdot FCF_t, \quad (11)$$

$$V_t^E = \sum PV(FCF_t^E), \quad (12)$$

kde x je velikost rozšíření v %, FCF_t jsou peněžní toky plynoucí z projektu v jednotlivých letech, FCF_t^E jsou peněžní toky generované z rozšířené části projektu a V_t^E je současná hodnota očekávaných peněžních toků z rozšířené části projektu mezi roky t a T diskontovaných k okamžiku rozhodování.

2. Realizační cena.

Realizační cenou u tohoto typu opce jsou investiční výdaje spojené s rozšířením projektu (I^E). Tato realizační cena často závisí na velikosti investičních výdajů spojených s výstavbou základního projektu. Pokud se firma rozhodne realizovat projekt s kapacitou vyšší než je očekávaná velikost produkce, je realizační cena této opce relativně nízká.

3. *Doba životnosti opce.*

Dobou životnosti opce na rozšíření projektu se rozumí doba životnosti projektu.

4. *Cena opce.*

Cena opce na rozšíření projektu je dána vzorcem:

$$Cena\ opce^E = NPV^E - NPV, \quad (13)$$

kde $Cena\ opce^E$ je cena opce na rozšíření projektu, NPV^E je očekávaná čistá současná hodnota s opcí na rozšíření projektu a NPV je očekávaná čistá současná hodnota bez opce.

5. *Funkce vnitřní hodnoty opce na rozšíření projektu.*

Funkce vnitřní hodnoty (výplatní funkce opce v okamžiku uplatnění) je definována následujícím způsobem,

$$VH_t^E = MAX(V_t^E - I^E; 0), \quad (14)$$

kde V_t^E je hodnota cash flow z dodatečných kapacit diskontované k okamžiku uplatnění opce t , I^E jsou investiční výdaje na rozšíření projektu. Pokud je hodnota VH_t^E kladná, tak je vhodné opci využít a projekt rozšířit.

Hodnota projektu s opcí na rozšíření lze určit ze vztahu,

$$NPV^E = NPV + Cena\ opce^E, \quad (15)$$

$$NPV^E = (V + MAX(V_t^E - I^E; 0)) - I_0, \quad (16)$$

kde V je hodnota očekávaných peněžních toků diskontovaných do současnosti z ocenění projektu bez opce a $MAX(x \cdot V_t - I^E; 0)$ je vnitřní hodnota opce na rozšíření diskontovaná do současné hodnoty (vnořený projekt) a I_0 jsou investiční náklady.

6. *Rozhodovací funkce opce na rozšíření.*

Rozhodovací funkce lze tedy zapsat následujícím dvojím způsobem,

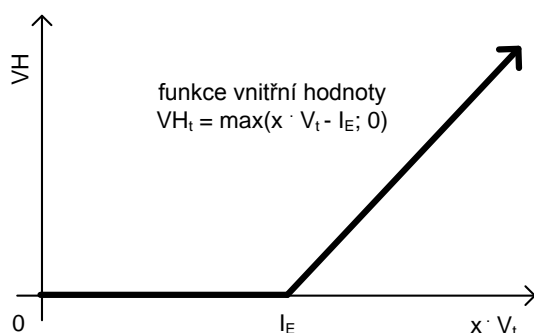
$$\Omega \begin{cases} \text{rozšířit projekt pokud } VH_t^E > 0 \\ \text{nerozšířit projekt pokud } VH_t^E = 0 \end{cases} \quad (17)$$

$$\Omega \begin{cases} \text{rozšířit projekt pokud } x \cdot V_t > I^E \\ \text{pokračovat při původní kapacitě } x \cdot V_t < I^E \end{cases} \quad (18)$$

kde je projekt rozšířen, pokud je vnitřní hodnota opce na rozšíření větší než nula a opce není využita, pokud vnitřní hodnota opce je rovna nule, což znamená, že výdaje spojené s rozšířením projektu jsou větší než očekávané peněžní toky diskontované do současnosti, které plynou z rozšíření projektu.

Obrázek 2.2 graficky prezentuje funkci vnitřní hodnoty opce na rozšíření projektu. Graf zobrazuje rostoucí funkci vnitřní hodnoty opce na rozšíření projektu s rostoucími očekávanými peněžními toky z rozšířené části projektu diskontované do současnosti.

Obr. 2.2: Funkce vnitřní hodnoty opce na rozšíření projektu (VH_t^E)



Zdroj: Čulík (2008)

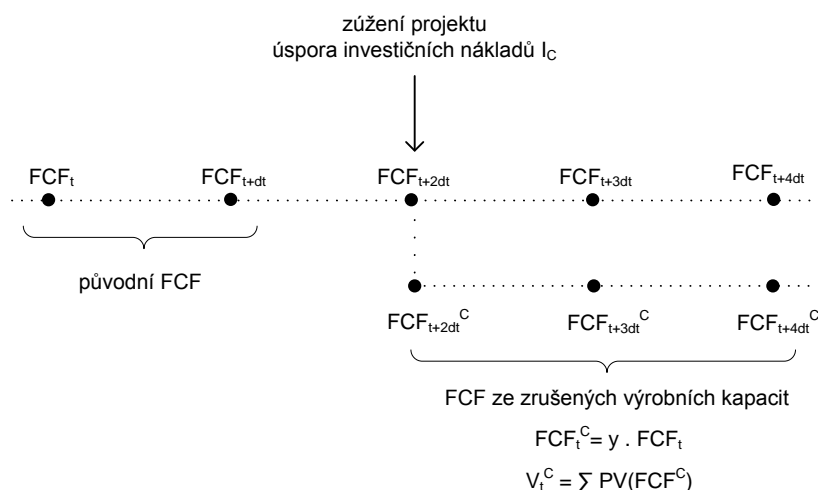
Opce na zúžení projektu (option to contract a project)

Opce na zúžení projektu představuje formálně put opci, která slouží k snížení velikosti produkce a odprodání části projektu pokud se situace na trhu vyvíjí méně příznivě, než bylo na počátku projektu plánováno. Pokud nastane tato situace, tak může management snížit původní kapacitu projektu o $y\%$ a ušetřit tak část plánovaných investičních výdajů ve výši I^C .

Opce může být dvojího typu, a to opce amerického typu a opce evropského typu. V případě opce evropského typu je možné opci uplatnit pouze v určitém roce, tedy zúžení je možné pouze v tomto roce. Americká kupní opce může být využita kdykoliv v průběhu životnosti.

Prodejní opce je určena na část výrobních kapacit s realizační cenou odpovídající ušetřeným investičním výdajům. Opce je využita za předpokladu, že ušetřené investice z projektu jsou vyšší než současná hodnota peněžních příjmů ze zrušených výrobních kapacit diskontovaných k okamžiku rozhodnutí, jinak je opce nevyužita a optimální výroba pokračuje při původní výrobní kapacitě, viz obr. 2.3.

Obr. 2.3: Peněžní toky generované projektem při zúžení projektu



Zdroj: Čulík (2008)

Základní parametry opce na zúžení projektu, které mají vliv na hodnotu opce, jsou definovány následovně:

1. *Podkladové aktivum.*

Podkladovým aktivem pro opci na zúžení projektu je současná hodnota očekávaných peněžních toků ze zrušených výrobních kapacit mezi roky t a T diskontovaných k t (okamžik uplatnění opce), jejichž výpočet je následující

$$FCF_t^C = y \cdot FCF_t, \quad (19)$$

$$V_t^C = \sum PV(FCF_t^C). \quad (20)$$

2. *Realizační cena.*

Realizační cena opce představuje uspořené investiční výdaje (I^C) v důsledku zúžení projektu diskontované k okamžiku jejího uplatnění.

3. *Doba životnosti opce.*

Dobou životnosti opce na zúžení projektu se rozumí doba životnosti projektu.

4. *Cena opce.*

Cena opce na zúžení projektu je dána vzorcem:

$$Cena\ opce^C = NPV^C - NPV, \quad (21)$$

kde $Cena\ opce^C$ je cena opce na zúžení projektu, NPV^C je očekávaná čistá současná hodnota s opcí na zúžení projektu a NPV je očekávaná čistá současná hodnota bez opce.

5. *Funkce vnitřní hodnoty opce na zúžení projektu.*

Funkce vnitřní hodnoty (výplatní funkce opce v okamžiku uplatnění) je definována následujícím způsobem,

$$VH_t^C = MAX(I^C - y \cdot V_t; 0), \quad (22)$$

kde $y \cdot V_t$ je současná hodnota očekávaných peněžních toků ze zrušených výrobních kapacit mezi roky t a T diskontovaných k t , hodnota I^C je velikost úspory investice. Pokud je hodnota VH_t^C kladná, tak je vhodné opci využít a projekt zúžit.

Hodnota projektu s opcí na zúžení lze určit ze vztahu,

$$NPV^C = NPV + \text{Cena opce}^C, \quad (23)$$

$$NPV^C = (V + \text{MAX}(I^C - y \cdot V_t; 0)) - I_0, \quad (24)$$

kde V je hodnota očekávaných peněžních toků diskontovaných do současnosti z ocenění projektu bez opce a $\text{MAX}(I^C - y \cdot V_t; 0)$ je vnitřní hodnota opce na zúžení diskontovaná do současné hodnoty (vnořený projekt) a I_0 jsou investiční náklady.

6. Rozhodovací funkce opce na zúžení.

Rozhodovací funkce lze tedy zapsat následujícím dvojím způsobem,

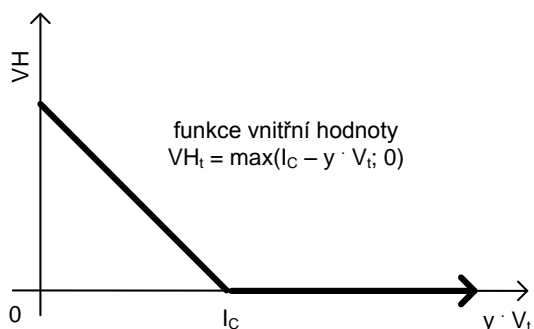
$$\Omega \begin{cases} \text{zúžit projekt pokud } VH_t^C > 0 \\ \text{zachovat původní velikost } VH_t^C = 0' \end{cases} \quad (25)$$

$$\Omega \begin{cases} \text{zúžit projekt pokud } I^C > y \cdot V_t \\ \text{pokračovat při původní kapacitě } I^C < y \cdot V_t \end{cases}, \quad (26)$$

kde je projekt zúžen, pokud vnitřní hodnota opce na zúžení je větší než nula a opce není využita, pokud vnitřní hodnota opce je rovna nule, což znamená, že úspora investic je větší než současná hodnota očekávaných peněžních toků ze zrušených výrobních kapacit mezi roky t a T diskontovaných k t .

Obrázek 2.4 graficky prezentuje funkci vnitřní hodnoty opce na zúžení projektu. Graf zobrazuje rostoucí funkci vnitřní hodnoty opce na zúžení projektu s klesající současnou hodnotou očekávaných peněžních toků ze zrušených výrobních kapacit mezi roky t a T diskontovaných k t .

Obr. 2.4: Funkce vnitřní hodny opce na zúžení projektu



Zdroj: Čulík (2008)

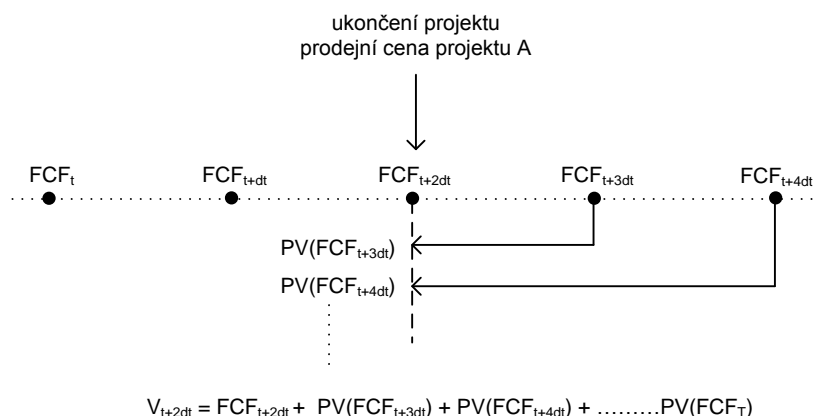
Opce na ukončení projektu (option to abandon a project)

Opce na ukončení projektu slouží k zmírnění dopadu negativních výsledků v situaci dlouhodobého nepříznivého vývoje projektu na firmu. Tato situace může nastat v případě, kdy se tržní podmínky vyvíjejí dlouhodobě nepříznivě, než bylo původně plánováno a projekt jako celek je ztrátový. Pak má management firmy možnost předčasně ukončit již zahájený projekt a prodat jej za zůstatkovou cenu A_t případně jej přebudovat pro jiné alternativní využití, které by mělo příznivý dopad na výsledky firmy. Opce na ukončení projektu je formálně opcí prodejní na prodej (ukončení) projektu.

Opce na ukončení projektu může být dvojího typu, a to evropského typu, pokud se předpokládá, že projekt lze ukončit resp. prodat pouze v některém roce životnosti projektu (méně časté). O opci na ukončení projektu amerického typu se jedná v případě, pokud bude uvažováno se situací, kdy lze projekt ukončit kdykoli v průběhu životnosti projektu.

Opce na ukončení projektu je uplatněna v případě, pokud prodejní cena projektu A_t v daném roce životnosti projektu bude vyšší než současná hodnota očekávaných peněžních toků generovaných projektem, V_t^A , diskontovaných k okamžiku rozhodování, t , viz obr. 2.5.

Obr. 2.5: Peněžní toky generované projektem při ukončení projektu



Zdroj: Čulík (2008)

Základní parametry opce na ukončení projektu, které mají vliv na hodnotu opce, jsou definovány následovně:

1. *Podkladové aktivum.*

Podkladové aktivum je definováno jako zůstatková hodnota projektu (to je současná hodnota očekávaných peněžních toků mezi roky t a T diskontovaných k t (okamžik uplatnění opce), jejichž výpočet je následující

$$V_t^A = \sum PV(FCF_t^A). \quad (27)$$

2. *Realizační cena.*

Realizační cena opce představuje likvidační (prodejní, zůstatkovou) cenu projektu sniženou o náklady spojené s ukončením projektu (A_t).

3. *Doba životnosti opce.*

Dobou životnosti opce na ukončení projektu se rozumí doba životnosti projektu, T .

4. *Cena opce.*

Cena opce na ukončení projektu je dána vzorcem:

$$Cena\ opce^A = NPV^A - NPV, \quad (28)$$

kde $Cena\ opce^A$ je cena opce na ukončení projektu, NPV^A je očekávaná čistá současná hodnota s opcí na ukončení projektu a NPV je očekávaná čistá současná hodnota bez opce.

5. *Funkce vnitřní hodnoty opce na ukončení projektu.*

Funkce vnitřní hodnoty (výplatní funkce opce v okamžiku uplatnění) je definována následujícím způsobem,

$$VH_t^A = MAX(A_t - V_t^A; 0), \quad (29)$$

případně i takto,

$$VH_t^A = MAX(V_t^A; A_t), \quad (30)$$

kde V_t^A je současná hodnota očekávaných peněžních toků mezi roky t a T diskontovaných k t (okamžik uplatnění opce na ukončení projektu), hodnota A_t je prodejní cena projektu. Pokud je hodnota VH_t^A kladná, tak je vhodné opci využít a projekt ukončit.

Hodnota projektu s opcí na ukončení lze určit ze vztahu,

$$NPV^A = NPV + Cena\ opce^A, \quad (31)$$

$$NPV^A = (V + MAX(A_t - V_t^A; 0)) - I_0, \quad (32)$$

kde V je hodnota očekávaných peněžních toků diskontovaných do současnosti z ocenění projektu bez opce a $MAX(A_t - V_t^A; 0)$ je vnitřní hodnota opce na ukončení diskontovaná do současné hodnoty (vnořený projekt) a I_0 jsou investiční náklady.

6. *Rozhodovací funkce opce na předčasné ukončení.*

Rozhodovací funkce lze tedy zapsat následujícím dvojím způsobem,

$$\Omega \begin{cases} \text{ukončit (prodat) projekt } VH_t^A > 0 \\ \text{pokračovat v projektu pokud } VH_t^A = 0 \end{cases} \quad (33)$$

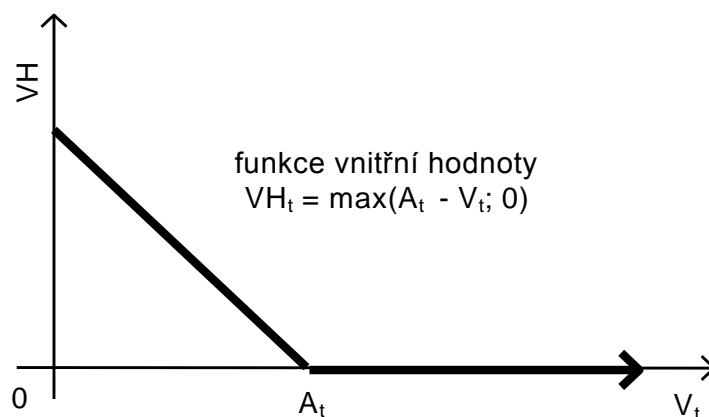
nebo také,

$$\Omega \begin{cases} \text{pokračovat při původní kapacitě } V_t^A > A_t \\ \text{předčasně ukončit pokud } V_t^A < A_t \end{cases}, \quad (34)$$

kde je projekt ukončen, pokud vnitřní hodnota opce na ukončení je větší než nula a opce není využita, pokud vnitřní hodnota opce je rovna nule, což znamená, že pokud je současná hodnota následných peněžních toků vyšší než prodejní cena projektu, opce zůstane nevyužita a optimální rozhodnutí je pokračovat, v opačném případě je výhodnější opci uplatnit a projekt ukončit a prodat.

Obrázek 2.6 graficky prezentuje funkci vnitřní hodnoty opce na ukončení projektu. Graf zobrazuje rostoucí funkci vnitřní hodnoty opce na ukončení projektu s klesající současnou hodnotou očekávaných peněžních toků z projektu mezi roky t a T diskontovaných k t .

Obr. 2.6: Funkce vnitřní hodnoty opce na ukončení projektu



Zdroj: Čulík (2008)

Opce na dočasné přerušení projektu (option to temporarily shut down)

Opce na dočasné přerušení výroby umožňuje firmě dočasně přerušit (uzavřít) výrobu za předpokladu, že ceny produkce v daném roce klesnou až pod úroveň variabilních nákladů produkce. V tomto případě je pro firmu z ekonomického hlediska výhodnější dočasně přerušit

výrobu a nevyrábět než pokračovat ve výrobě. Firma dočasným přerušením projektu minimalizuje ztrátu. Za předpokladu, že opět nastane situace, kdy ceny vzrostou nad požadovanou minimální úroveň, může být produkce následně obnovena.

Formálně jde o americkou kupní opci na výrobu v příslušném roce, která je uplatněna pokud cena za jednotku produkce v daném období (P_t) nepokrývá variabilní náklady na jednotku produkce (VN_t). Americká kupní opce může být uplatněna po celou dobu životnosti projektu. O evropskou kupní opci se jedná, pokud může být opce uplatněna pouze v jednom okamžiku (roce).

Základní parametry opce na dočasné přerušení projektu, které mají vliv na hodnotu opce, jsou definovány následovně:

1. *Podkladové aktivum.*

Podkladovým aktivem v případě opce na dočasné přerušení výroby je jednotková cena výroby v daném roce (P_t).

2. *Realizační cena.*

Realizační cenou opce pro dočasné přerušení výroby jsou variabilní náklady na jednotku (VN_t).

3. *Doba životnosti opce.*

Dobou životnosti opce na dočasné přerušení projektu se rozumí doba životnosti projektu T .

4. *Cena opce.*

Cena opce na dočasné přerušení projektu je dána vzorcem:

$$Cena\ opce^{SD} = NPV^{SD} - NPV, \quad (35)$$

kde $Cena\ opce^{SD}$ je cena opce na přerušení projektu, NPV^{SD} je očekávaná čistá současná hodnota s opcí na přerušení projektu a NPV je očekávaná čistá současná hodnota bez opce.

5. *Funkce vnitřní hodnoty opce na dočasné přerušení projektu.*

Funkce vnitřní hodnoty (výplatní funkce opce v okamžiku uplatnění) je definována následujícím způsobem,

$$VH_t^{SD} = \text{MAX}(P_t - VN_t; 0), \quad (36)$$

kde VN_t jsou variabilní náklady vynaložené na jednotku produkce, hodnota P_t je cena za jednotku produkce. Pokud je hodnota VH_t^{SD} kladná, tak je vhodné pokračovat ve výrobě. Obrázek 2.7 graficky prezentuje funkci vnitřní hodnoty opce na dočasné přerušení projektu.

Hodnota projektu s opcí na dočasné přerušení lze určit ze vztahu,

$$NPV^{SD} = NPV + \text{Cena opce}^{SD}. \quad (37)$$

6. *Rozhodovací funkce opce na dočasné přerušení projektu.*

Rozhodovací funkce lze zapsat následujícím dvojím způsobem,

$$\Omega \begin{cases} \text{pokračovat ve výrobě pokud } VH_t^{SD} > 0 \\ \text{dočasně přerušit výrobu pokud } VH_t^{SD} < 0' \end{cases} \quad (38)$$

nebo také,

$$\Omega \begin{cases} \text{pokračovat ve výrobě pokud } P_t > VN_t \\ \text{dočasně přerušit výrobu pokud } P_t < VN_t \end{cases} , \quad (39)$$

kde je projekt dočasně přerušen, pokud vnitřní hodnota opce na dočasné přerušení je větší než nula a opce není využita, pokud vnitřní hodnota opce je menší než nula, což znamená, že pokud je cena za jednotku produkce větší než variabilní náklady na jednotku produkce, opce zůstane nevyužita a optimální rozhodnutí je pokračovat, v opačném případě je výhodnější opci uplatnit a projekt dočasně přerušit.

Celkový peněžní tok generovaný projektem v příslušném roce je obecně definován takto,

$$FCF_t = [Q \cdot (P_t - VN_t) - FN_t - ODP_t] \cdot (1 - d) + ODP_t - \Delta\check{C}PK - INV_t, \quad (40)$$

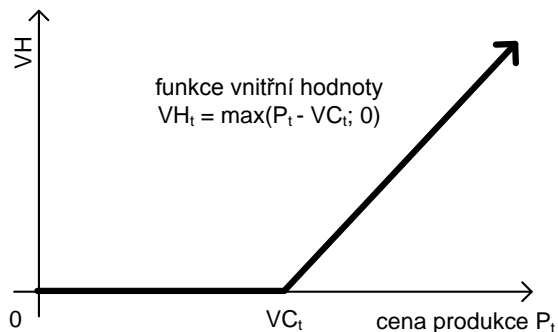
kde Q představuje množství produkce, P_t je cena za jednotku produkce, FN_t jsou fixní náklady v roce t , ODP_t jsou odpisy, d je daň v daném roce, $\Delta\check{C}PK$ jsou výdaje na přírůstek čistého pracovního kapitálu a INV_t jsou investice.

Pro výpočet celkového peněžního toku generovaného projektem v příslušném roce s opcí na dočasné přerušení výroby platí vztah

$$FCF_t = [Q \cdot \text{MAX}(P_t - VN_t; 0) - FN_t - ODP_t] \cdot (1 - d) + ODP_t - \Delta\check{C}PK - INV_t, \quad (41)$$

kde $\text{MAX}(P_t - VN_t; 0)$ je vnitřní hodnota opce na přerušení výroby.

Obr. 2.7: Funkce vnitřní hodny opce na dočasné přerušení projektu



Zdroj: Čulík (2008)

2.3 SIMULACE NÁHODNÉHO VÝVOJE AKTIV

Náhodný vývoj podkladových aktiv lze vyjádřit podle různých typů náhodných procesů: Wienerův proces, který tvoří složku všech ostatních procesů, aritmetický a geometrický (exponenciální) Brownův proces, mean – reverting proces, jump (skokový) diffusion proces, Itoův proces a hybridní proces jako kombinace předchozích., viz Dluhošová (2006)

Pro generování náhodných čísel se využívá celá řada procedur s různým stupněm náročnosti a přesnosti. V Excelu je možné využít modul *Generátor pseudonáhodných čísel*, pomocí něhož lze generovat náhodné veličiny z vybraných rozdělení pravděpodobnosti. Je třeba poznamenat, že tento generátor nesplňuje zcela požadavky na profesionální kvalitu, ale i tak lze výsledky hodnotit za velmi dobré a věrohodné, viz Zmeškal (2004)

2.3.1 FINANČNÍ MODEL NÁHODNÉ PROCHÁZKY

Model náhodné procházky patří mezi stochastické procesy a je často aplikován ve finančním modelování. Uvedený model je využíván nejčastěji u simulací náhodného vývoje cen akcií nebo měnových kurzů. Zvláštním případem stochastického procesu a modelem náhodné procházky je Geometrický Brownův model.

U tohoto modelu se cena vyvíjí exponenciálním trendem, který má velké uplatnění ve finančním modelování a je definován takto:

$$dS = \hat{\alpha} \cdot S \cdot dt + \sigma \cdot S \cdot d\tilde{z}, \quad (42)$$

nebo

$$\frac{dS}{S} = \hat{\alpha} \cdot dt + \sigma \cdot d\tilde{z}, \quad (43)$$

kde S je tržní cena, $\hat{\alpha}$ je trendový parametr, který uvádí zpravidla průměrný roční výnos, σ je směrodatná odchylka (zpravidla roční), $d\tilde{z}$ je náhodná složka, která je rovna součinu $\tilde{z} \cdot \sqrt{dt}$, kde \tilde{z} je náhodná proměnná z normovaného normálního rozdělení a představuje Wienerův proces.

Geometrický Brownův model s logaritmickými cenami

Geometrický Brownův model s logaritmickými cenami je významným modelem využívaným například při analytickém oceňování opcí či predikci vývoje měnových kurzů. Geometrický Brownův model lze definovat následovně:

$$d \ln S = \hat{\alpha} \cdot dt + \sigma \cdot d\tilde{z}, \quad (44)$$

Trendový parametr $\hat{\alpha}$ je stanoven metodou nejmenších čtverců, jejíž podstatou je minimalizace rozdílu čtverců mezi skutečnými spojitými výnosy (R_{skut}) a modelovanými spojitými výnosy (R_{mod}), které jsou definovány takto:

$$R_{mod} = \hat{\alpha} \cdot S_t, \quad (45)$$

a metodu nejmenších čtverců lze popsat následovně:

$$\sum_{t=1}^T [R_{skut} - \hat{\alpha} \cdot S_t]^2 = \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 \rightarrow \min, \quad (46)$$

kde ε_t je reziduum v čase t , které udává rozdíl mezi skutečným spojitým a modelovaným spojitým výnosem.

Dalším parametrem modelu je směrodatná odchylka σ , kterou lze definovat následujícím způsobem:

$$\sigma = \frac{\hat{\sigma}}{dt}, \text{ kde} \quad (47)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^T [R_{skut} - R_{mod}]^2} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}, \quad (48)$$

kde všechny použité veličiny jsou již vysvětleny výše.

Pro předpověď tržních cen je zapotřebí stanovit simulace tržních cen, střední hodnotu a kvantily logaritmicko – normálního rozdělení pravděpodobnosti.

Simulace predikce náhodného vývoje tržních cen podle Geometrického Brownova modelu je vyjádřena takto:

$$S_t = S_{t-1} \cdot \exp(\hat{\alpha} \cdot dt + \sigma \cdot d\tilde{z}). \quad (49)$$

Střední hodnotu tržní ceny lze zapsat takto:

$$E(S_t) = S_{t-1} \cdot \exp(\hat{\alpha} \cdot T). \quad (50)$$

kde $T = dt \cdot n$, kde n je počet proměnných.

Hodnotu kvantilu na hladině pravděpodobnosti λ z logaritmicke – normálního rozdělení lze definovat následujícím způsobem:

$$S_t^\varphi = S_{t-1} \cdot \exp(\hat{\alpha} \cdot T + \Phi^{-1}(\varphi) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}), \quad (51)$$

kde Φ^{-1} je inverzní funkce k distribuční funkci normovaného normálního rozdělení na hladině pravděpodobnosti (významnosti) (φ), viz Zmeškal (2004)

2.3.2 MEAN – REVERSION MODEL

Modelu náhodné procházky nelze využít pro predikci vývoje u všech veličin, jelikož u některých veličin, jako jsou úrokové sazby nebo ceny komodit, se objevuje v delším časovém období sklon k návratu k dlouhodobé rovnovážné hodnotě (rovnovážné ceně). Takovéto stochastické procesy se označují jako Mean – Reversion procesy (modely). Všechny reverzní procesy obsahují specifický Wienerův proces, přičemž nejjednodušší model podle Mean – Reversion procesu lze zapsat takto:

$$dS = a \cdot (b - S) \cdot dt + \sigma \cdot d\tilde{z}, \quad (52)$$

kde parametr a vyjadřuje rychlost přibližování se proměnné k dlouhodobé rovnováze, b vyjadřuje dlouhodobou rovnováhu.

Výchozí parametry a a b lze získat pomocí převedení reverzního modelu na jeho lineární tvar, jehož pomocí se stanoví nezávislé lineární parametry, kterými se poté zpětně vyjádří výchozí parametry Mean – Reversion modelu. Lineární tvar modelu je vyjádřen takto:

$$dS = \hat{\alpha} - \hat{\beta} \cdot S + \sigma \cdot d\tilde{z}, \quad (53)$$

kde $\hat{\alpha}$ a $\hat{\beta}$ jsou nezávislými parametry a jsou stanoveny pomocí metody nejmenších čtverců, viz Zmeškal (2004)

S využitím nezávislých lineárních parametrů $\hat{\alpha}$ a $\hat{\beta}$ se dopočítají i výstupní parametry Mean – Reversion modelu a to následovně:

$$a = \frac{-\hat{\beta}}{dt}, \quad (54)$$

$$b = \frac{\frac{\hat{\alpha}}{a}}{dt}. \quad (55)$$

2.4 ANALÝZA RIZIKA

V případě rizika jsou veličiny chápány jako náhodné veličiny a lze je vyjádřit pomocí rozdělení pravděpodobnosti. V případě rozhodování za rizika je rozhodováno například dle manažerských kritérií, které mají za cíl zamezit velkým ztrátám. Do těchto kritérií patří zejména minimalizace Value at Risk, které je popsáno v následující podkapitole. Pozornost je věnována také kritériu ES (Expected Shortfall).

2.4.1 VALUE AT RISK

Toto kritérium je možné definovat jako maximální hodnotu ztráty na stanovené hladině pravděpodobnosti (spolehlivosti) za určité období. Jedná se jednostranný kvantil (například 95%) z rozdělení zisků a ztrát portfolia za určitou dobu držení, stanovený na základě určitého historického období. Ke správnému výpočtu Value at Risk je zapotřebí správného ocenění celého portfolia při různých scénářích. VaR slouží k měření rizika a odstraňuje dva základní nedostatky, které mají standardní metody měření rizika, protože bere v úvahu korelace mezi jednotlivými kategoriemi rizik a také mezi samotnými rizikovými faktory. Na druhou stranu VaR nebere v úvahu užitek z diverzifikace různých rizik ve stejném portfoliu, viz Jílek (2000)

Určení VaR vychází z toho, aby pravděpodobnost, že z portfolia aktiv bude zisk ($< \tilde{\Pi}$) menší, než předem stanovená hladina zisku ($ZISK$), byla rovna stanovené hladině pravděpodobnosti α . VaR znamená ztrátu a vychází z toho, že zisk se dá vyjádřit jako záporná ztráta. Formálně lze předchozí úvahu zapsat takto:

$$Pr(< \tilde{\Pi} \leq \pm ZISK) = \alpha. \quad (56)$$

VaR představuje hodnotu ztráty. V případě, že je zisk vyjádřen jako záporná ztráta ($ZISK = -VaR$), lze předchozí rovnici upravit následovně:

$$Pr(< \tilde{I} \leq -ZISK) = \alpha. \quad (57)$$

takto vypadá výchozí rovnice pro odvození hodnoty VaR, viz Zmeškal (2004)

Metody výpočtu Value at Risk

Existují různé metody odhadu VaR, které jsou používány ve všech finančních i nefinančních odvětvích. Tyto metody predikují riziko pomocí analýzy historických pohybů tržních proměnných na základě moderní teorie portfolia. Neexistuje žádná standardní metoda VaR, protože všechny metody VaR se liší jak v metodách simulace změn rizikových faktorů, tak v metodách transformace změn rizikových faktorů na změnu hodnoty portfolia.

Mezi tři nepoužívanější metody stanovení VaR patří:

1. Metoda variancí a kovariancí

Tato metoda je nazývána také jako tzv. parametrická metoda, která při odhadu potenciálních ztrát portfolia v budoucnosti využívá statistiky o volatilitách hodnot v minulosti a korelací mezi jejich změnami.

2. Metoda historické simulace

V rámci této metody se počítají potenciální budoucí ztráty na základě údajů o minulých hodnotách, tedy konkrétně na základě ztrát, které by společnost v minulosti u vybraného portfolia. Historická simulace počítá změnu hodnoty portfolia na základě skutečných historických hodnot daných rizikových faktorů a výstupem této simulace je časová řada zisků a ztrát, ke kterým by došlo, pokud by společnost držela portfolio po určité období v minulosti. Extrémní tržní ceny jsou lépe zachyceny historickou simulací než VaR.

3. Metoda Monte Carlo

Jedná o tzv. stochastickou simulaci, kdy se k odhadu VaR používá velký počet simulací vývoje hodnoty portfolia. Tento rozsáhlý počet simulací je určen velkým počtem

náhodně vygenerovaných rizikových faktorů, u nichž existují známá rozdělení (většinou normované normální rozdělení pravděpodobnosti). Stochastická simulace může generovat vysoce pravděpodobné odhady VaR, přičemž může obsahovat nejnovější informace a historické údaje mít pouze jako vstupní data.

Metoda Monte Carlo modeluje stochastické procesy, které jsou charakteristické tím, že obsahují lidskou volbu či nebo pracují s neúplnými informacemi. Metoda Monte Carlo je velmi podobná metodě historické simulace, jediný rozdíl jev tom, jak obě metody generují rizikové faktory. Monte Carlo generuje náhodné scénáře, zatímco historická simulace vychází ze scénářů v minulosti. Tato flexibilní metoda je určena především pro nástroje s nelineárním průběhem hodnot, stejně jako metoda historické simulace, viz Jílek (2000)

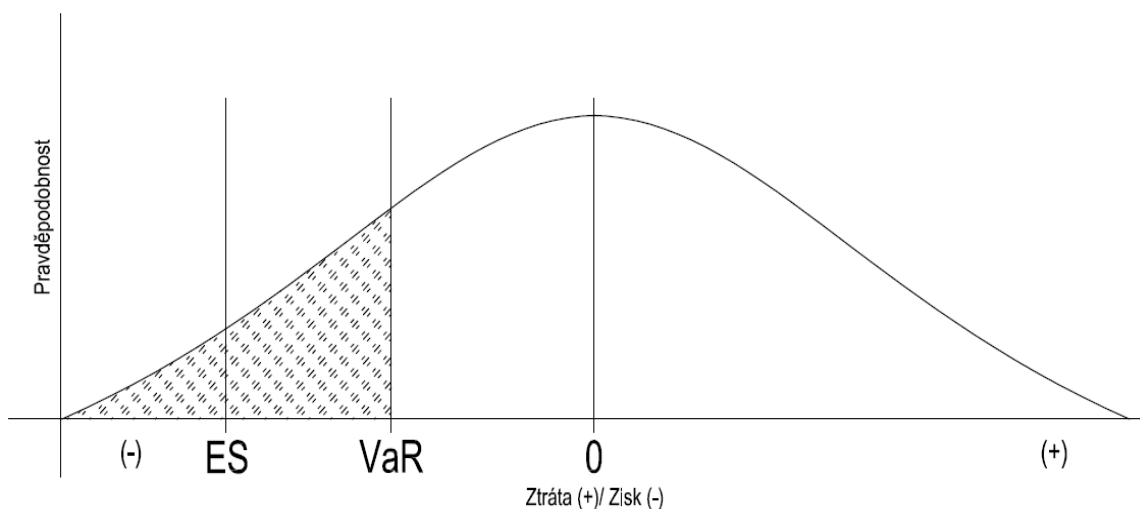
V praktické části práce se pracuje pouze na základě Geometrického Brownova modelu s logaritmickými cenami, na základě kterého se simuluje pomocí metody Monte Carlo budoucí vývoj jednotlivých rizikových faktorů.

2.4.2 EXPECTED SHORTFALL

Expected shortfall je často také nazýván jako Conditional Value at Risk (*CVaR*) a Expected tail loss (*ETL*). Hodnota ES a VaR je uvedena v obrázku 2.8. Expected shortfall určuje střední hodnotu ztráty přesahující určitou podmíněnou hodnotu α , potom

$$ES_{\alpha} = E(X) \text{ pro } X \geq \alpha. \quad (58)$$

Obr. 2.8: Expected shortfall a hodnota ztráty VaR.



3 POPIS PODNIKU A PROJEKTU

3.1 PROFIL SPOLEČNOSTI ERLLEN S.R.O.

Firma Erlen s. r. o. byla založena v roce 2000 jako společnost zabývající se vývojem a prodejem přípravků pro povrchové úpravy kovů, hlavně pak nerezových ocelí, mědi a žárově pozinkovaných plechů.

V průběhu roku 2001 firma rozšířila své obchodní aktivity v oblasti hutních materiálů a začala zákazníkům nabízet kompletní sortiment uhlíkatých, nerezových i speciálních ocelí, hliníku i mědi. V roce 2004 rozvinula firma svou činnost rovněž ve výrobní sféře, a to zakoupením žárové zinkovny v bývalém areálu ROMO Fulnek a. s. Zinkovna je umístěna pouze několik kilometrů od velmi významné dopravní tepny ČR, což umožňuje zákazníkům velmi snadnou dostupnost. V roce 2008 se společnost Erlen rozhodla zkvalitnit své služby o dopravu materiálu. Zakoupením kamionu a menších nákladních aut firma rozšířila své služby o dopravu zboží od zákazníka do zinkovny a zpět.

V roce 2006 rozšířila společnost Erlen své aktivity o stavebnictví, především stavby a rekonstrukce rodinných domů.

Společnost se tedy zabývá těmito ekonomickými činnostmi:

1. Žárové zinkování.

Od března 2005 firma ERLLEN s. r. o. provádí žárové zinkování ve své vlastní zinkovně, která se nachází ve městě Fulnek v areálu bývalého závodu ROMO. Zinkovna je ojedinělá svou technologií "mokrého zinku", čímž je dosaženo výjimečné kvality pozinkovaného zboží. Žárové zinkování poskytuje dlouhodobou antikorozi ochranu ocelových výrobků. Ocelové součásti se odmožují v kyselině chlorovodíkové, kde se zbavují rzi, okují a nečistot. Takto odmožený materiál se přes chlorid amonný vkládá do roztaveného zinku, kde se na zboží zinek nanáší. Ojedinělost technologie "mokrá zinek" spočívá v tom, že chlorid amonný je umístěn přímo nad částí roztaveného zinku (zrcadlem) a tím je zabráněno oxidaci železa v procesu zinkování. Takto pozinkované výrobky mají vysoký lesk a výjimečnou kvalitu povrchu.

2. *Hutní materiál.*

Společnost Erlen se specializuje na prodej nerezových kulatin, které nakupuje přímo v indických hutích.

3. *Kovovýroba.*

4. *Stavební činnost.*

SÍDLO SPOLEČNOSTI

Erlen s. r. o.

Nýdek č.p. 8

739 95 Nýdek

ZINKOVNA FULNEK

Erlen s. r. o.

Žárová zinkovna

Masarykova 427

742 45 Fulnek

3.2 POPIS PROJEKTU

Firmou je v roce 2010 realizován projekt na rozšíření výroby. Investice do toho projektu zahrnuje nákup budovy a strojů sloužících pro provoz pozinkování materiálu. Investice do nového projektu si vyžádá celkové investiční náklady ve výši 30 000 000 Kč. Investice je realizována během jednoho roku a ještě v témže roce uvedena do provozu. Doba životnosti projektu je 20 let. Vstupní data projektu, která budou sloužit k ocenění projektu a výpočtu peněžních toků z projektu, jsou uvedena v tab. 3.1.

Tabulka 3.1: Vstupní data projektu

vstupní data projektu	
roční objem výroby (Kg pozinkovaného materiálu)	6 000 000
odpisy (Kč)	1 000 000
náklady kapitálu (%)	10,11%
daň (%)	20%
investiční náklady (Kč)	30 000 000

Objem výroby v roce 2009 byl zhruba 3 000 tun pozinkovaného materiálu. Díky zavedení nové zinkovny je odhadnut objem výroby od roku 2010, kdy je uvedena zinkovna do

provozu, na 6 000 tun pozinkovaného materiálu, tedy dvojnásobek produkce. Odpisy jsou konstantní na úrovni 1 000 000 Kč každý rok po dobu dvaceti let. Výdaje na přírůstek čistého pracovního kapitálu jsou zde nulové. Výrobní projekt bude financován z vlastního kapitálu, proto budou vypočteny náklady kapitálu příslušným způsobem, a to podle modelu CAPM dle vzorce (5). Tabulka 3.2 zachycuje výpočet nákladů kapitálu společně se vstupními daty.

Tabulka 3.2: Výpočet nákladů kapitálu projektu

WACC zadlužené firmy	
R_F	2,41%
$E(R_M) - R_F$	5,00%
β_A^L	1,54
$E(R_A)$	10,11%

4 OCENĚNÍ PROJEKTU APLIKACÍ METODOLOGIE REÁLNÝCH OPCÍ

Společnost, jejíž hlavní ekonomickou činností je pozinkování materiálu, má v plánu rozšířit výrobu o investici do nové haly a zařízení v roce 2010.

Hlavním cílem této práce je ocenění výrobního projektu, kdy je použita metoda ocenění bez použití opce (tradiční výpočet NPV) a ocenění opce s použitím reálných opcí. Ocenění těmito metodami je poté navzájem srovnáno. Aplikací metodologie reálných opcí je vypočtena hodnota flexibilního rozhodování managementu v průběhu životnosti projektu, a to možnosti projekt rozšířit, zúžit, předčasně ukončit či dočasně přerušit. Toto rozhodování managementu je založeno na měnících se tržních podmínkách souvisejících s hlavní ekonomickou činností podniku.

O tom, jak bude projekt výnosný, rozhoduje mnoho vstupních proměnných. Hlavní proměnnou, od které se odvíjí jak cena produkce, tak náklad, je pro tento projekt určena cena zinku v Kč/kg. Hodnota ceny zinku je závislá na vývoji dvou proměnných. První proměnnou je určena celosvětová cena zinku v USD/tunu, za kterou je zinek obchodován na Londýnské burze. Druhou závislou proměnnou je kurz CZK/USD. Pro účely ocenění projektu je určen

vývoj těchto proměnných, a to na 20 diskretních okamžiků (let). Je vytvořeno tisíc různých náhodných scénářů, jak se může projekt či jednotlivé proměnné vyvíjet.

Postup ocenění projektu lze shrnout do následujících kroků:

1. Odhad modelu včetně statistických testů. (viz kapitola 4.1)
2. Predikce vývoje náhodných proměnných pro odhad cen produkce. (viz kapitola 4.2)
3. Ocenění projektu bez opce. (viz kapitola 4.3)
4. Ocenění projektu pro vybrané typy opcí. (viz kapitola 4.4)

4.1 ODHAD MODELU VČETNĚ STATISTICKÝCH TESTŮ

Cena zinku v Kč/kg je závislá na vývoji dvou proměnných, a to na vývoji ceny zinku v USD/tunu a na kurzu CZK/USD. Je známa historická řada vývoje těchto proměnných v diskretních okamžicích (měsíce). Tyto data jsou testována v Excelu jak na Mean-Reversion proces, tak na geometrický Brownův proces. Odhad modelu pro cenu zinku USD/tunu a kurz CZK/USD je ověřen statistickými testy významnosti a následně je graficky zobrazen. Odhadnutý model vývoje těchto proměnných je využit v následujících krocích, kde je simulován vývoj těchto proměnných do budoucích dvaceti diskretních okamžiků životnosti projektu, tj. 20 let. Postup pro odhad modelu je sestaven takto:

1. Odhad modelu vývoje kurzu CZK/USD a ceny zinku v USD/tunu.
2. Dopočet výchozích parametrů modelu.
3. Test statistické významnosti.
4. Grafické znázornění.

4.1.1 ODHAD MODELU KURZU CZK/USD

Pro účely odvození modelu vývoje kurzu CZK/USD byla získána časová řada v diskretních okamžicích (měsících), a to od února roku 2000 do října roku 2009¹. Tyto data byla testována v Excelu jak na Mean-Reversion proces, tak na geometrický Brownův proces.

¹ Viz. www.kurzy.cz , Kurzovní lístek ČNB , historie kurzů měn

Mean-Reversion proces byl z dalších výpočtů vyřazen z důvodů statistické nevýznamnosti modelu, proto v dalších výpočtech bývá využit Brownův geometrický proces, který již statisticky významný pro model je.

ODHAD MODELU

V tabulce 4.1 je znázorněn postup, kterým bylo dosaženo stanovení náhodného odhadu modelu na základě metody nejmenších čtverců. Postup odhadu modelu probíhá v následujících krocích:

1. Výpočet skutečného výnosu

$$R_{skut} = \ln \frac{KURZ_t}{KURZ_{t-1}} . \quad (59)$$

2. Výpočet výnosu dle modelu dle vzorce (45)

$$R_{mod} = \alpha \cdot KURZ_{t-1} . \quad (60)$$

3. Výpočet rezidua (ε) a (ε^2), kde

$$\varepsilon = R_{skut} - R_{mod} . \quad (61)$$

4. Odhad kurzu CZK/USD pomocí modelu, a to následovně

$$KURZ_t = KURZ_{t-1} \cdot EXP(\alpha \cdot \Delta t) . \quad (62)$$

Tabulka 4.1 : Stanovení modelu vývoje kurzu CZK/USD

Rok 1999	CZK/USD	skutečný výnos	výnosy dle modelu	Rezidua	Rezidua ²	E(S)
únor	36,672					
březen	37,249	0,01561	-0,00854	0,02415	0,0005832	36,6635
duben	39,342	0,05467	-0,00867	0,06334	0,0040119	37,2403
květen	38,654	-0,01764	-0,00916	-0,00848	0,00007	39,3328
červen	37,761	-0,02337	-0,00900	-0,01437	0,0002066	38,6450
červenec	38,380	0,01626	-0,00879	0,02505	0,0006276	37,7522
srpen	39,738	0,03477	-0,00894	0,04371	0,0019103	38,3711
září	40,018	0,00702	-0,00925	0,01627	0,0002648	39,7287
říjen	40,932	0,02258	-0,00932	0,03190	0,0010176	40,0087
listopad	40,130	-0,01979	-0,00953	-0,01026	0,0001052	40,9225
prosinec	37,813	-0,05947	-0,00934	-0,05013	0,0025129	40,1207

DOPOČET VÝCHOZÍCH PARAMETRŮ MODELU

Dále je třeba dopočítat výchozí parametry geometrického Brownova procesu (GBP). Tyto výchozí parametry jsou uvedeny v tabulce 4.2 a jejich výpočet je znázorněn následovně:

1. *směrodatná odchylka, tedy*

$$\sigma_{\text{měsíční}} = \text{SMODCH}(R_{\text{skut}}), \quad (63)$$

$$\sigma_{\text{roční}} = \sigma_{\text{měsíční}} \cdot \sqrt{12}, \quad (64)$$

2. Δt (měsíční a roční),

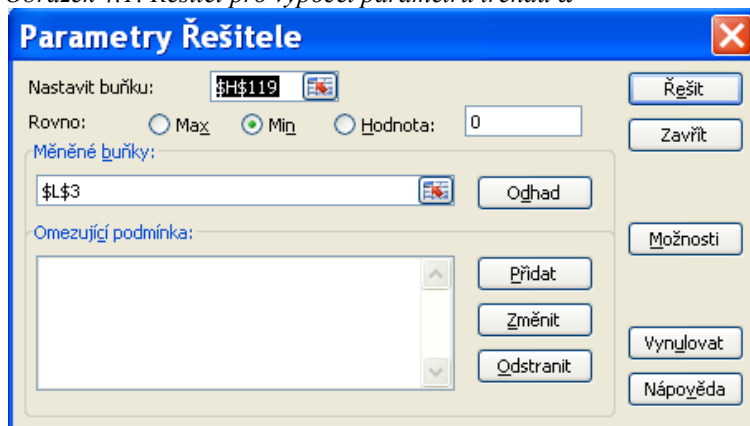
3. $\hat{\alpha}$ (parametr trendu měsíční a roční).

Pro účely výpočtu parametru trendu je využit modul Excelu *Řešitel*, kde účelovou funkcí (viz vzorec 46) pro tento modul je

$$\text{ÚF: } \varepsilon^2 \rightarrow \min, \quad (65)$$

kde požadavek na ε^2 , která předstává sumu reziduí umocněných na druhou, je nastaven na hodnotu minimální a měněnou buňkou je hodnota $\hat{\alpha}$. Řešitel je zachycen v obrázku 4.1.

Obrázek 4.1: Řešitel pro výpočet parametru trendu $\hat{\alpha}$



Tabulka 4.2: Výchozí parametry GBP

Parametry geometrického Brownova pohybu pro kurz CZK/USD	
$\hat{\alpha}$	-0,0027938
σ	0,1242872
Δt	1

TEST STATISTICKÉ VÝZNAMNOSTI

Pro účely statistické verifikace modelu byl použit modul Excel *Regrese*, a to k posouzení statistické významnosti parametrů a modelu jako celku dle t-testů a F-testů. Regresní analýza je znázorněna v tabulce 4.3. V daném případě se ukázalo, že parametry modelu jsou dle hodnoty P na 5% hladině statisticky významné.

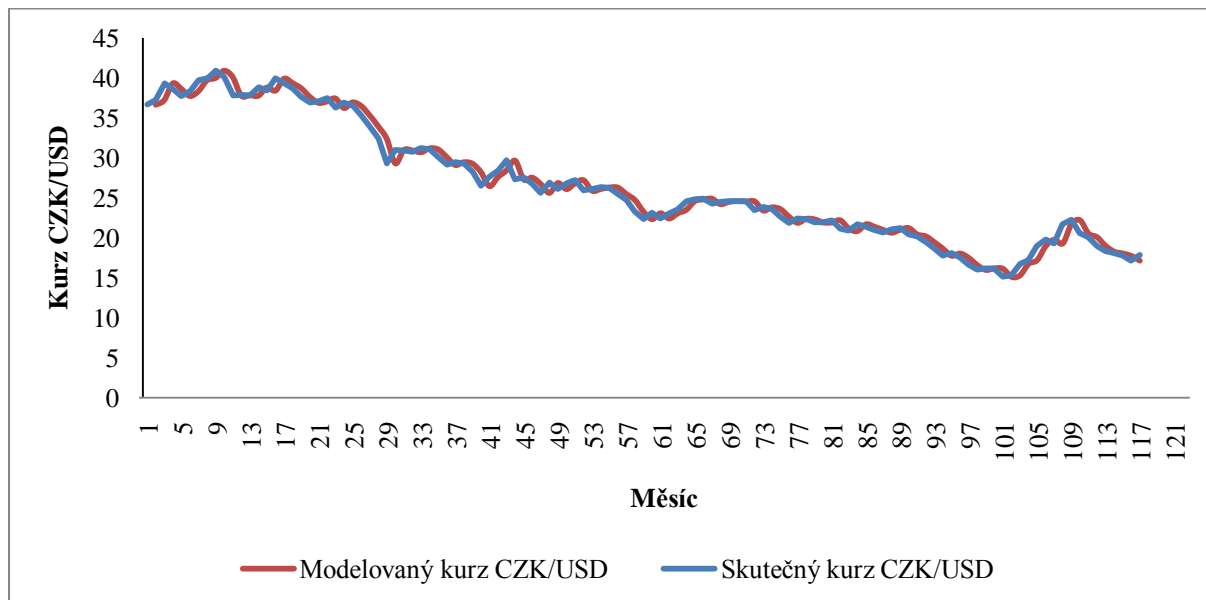
Tabulka 4.3: Regresní analýza modelu

Regresní analýza							
VÝSLEDEK							
Regresní statistika							
Násobné R			0,183414				
Hodnota spolehlivosti R			0,033641				
Nastavená hodnota spolehlivosti R			0,024869				
Chyba stř. hodnoty			0,036075				
Pozorování			117				
ANOVA							
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F		
Regrese	1	0,005164737	0,005165	3,96854705	0,048769222		
Rezidua	116	0,148361613	0,001301				
Celkem	117	0,153526351					
Koefficienty							
Hranice	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
alfa	-0,000242934	0,000121	-1,992	0,04874799	-0,00048	-0,0000014	-0,00048

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ

Graf 4.1 zachycuje skutečný a modelovaný vývoj kurzu CZK/USD.

Graf 4.1: Porovnání skutečného a modelovaného kurzu CZK/USD



4.1.2 ODHAD MODELU PRO CENU ZINKU

Pro účely odvození modelu vývoje ceny zinku byla získána časová řada cen zinku (USD/tunu) v diskrétních měsících okamžicích. K odhadu modelu byla využita data od ledna 1999 do září 2008. Tyto data byla zjištěna ke konci každého měsíce, a to ze zdrojů London Metal Exchange². Časová řada byla testována v Excelu jak na Mean-Reversion proces, tak na geometrický Brownův proces. Mean-Reversion proces byl z dalších výpočtů vyřazen z důvodů statistické nevýznamnosti modelu, proto v dalších výpočtech bývá využit Brownův geometrický proces, který již statisticky významný pro model je.

² Viz. www.lme.com, cesta: NON-FERROUS METALS, ZINC, PRICE GRAPHS

ODHAD MODELU

V tabulce 4.4 je znázorněn postup, kterým bylo dosaženo stanovení náhodného odhadu modelu na základě metody nejmenších čtverců. Postup odhadu modelu probíhá v následujících krocích:

1. Výpočet skutečného výnosu

$$R_{skut} = \ln \frac{Cena Zn_t}{Cena Zn_{t-1}}. \quad (66)$$

2. Výpočet výnosu dle modelu

$$R_{mod} = \alpha \cdot Cena Zn_{t-1}. \quad (67)$$

3. Výpočet rezidua (ε) a (ε^2), kde

$$\varepsilon = R_{skut} - R_{mod}. \quad (68)$$

4. Odhad kurzu CZK/USD pomocí modelu, a to následovně

$$Cena Zn_t = Cena Zn_{t-1} \cdot EXP(\alpha \cdot \Delta t). \quad (69)$$

Tabulka 4.4 : Stanovení modelu vývoje ceny zinku USD/tunu

Rok 1999	cena Zn USD/tuna	skutečný výnos	výnosy dle modelu	Rezidua	Rezidua ²	E(S)
leden	963					
únor	1045	0,082	0,00055	0,0811657	0,0066	963,00055
březen	978	-0,066	0,00060	-0,0668627	0,0045	1045,0006
duben	1073	0,093	0,00056	0,0921424	0,0085	978,00056
květen	970	-0,101	0,00062	-0,1015339	0,0103	1073,0006
červen	1008	0,038	0,00056	0,0378703	0,0014	970,00056
červenec	1069	0,059	0,00058	0,0581765	0,0034	1008,0006
srpen	1154	0,077	0,00061	0,0758966	0,0058	1069,0006
září	1180	0,022	0,00066	0,0216175	0,0005	1154,0007
říjen	1146	-0,029	0,00068	-0,0299145	0,0009	1180,0007
listopad	1165	0,016	0,00066	0,0157853	0,0002	1146,0007
prosinec	1220	0,046	0,00067	0,0454607	0,0021	1165,0007

DOPOČET VÝCHOZÍCH PARAMETRŮ MODELU

Výchozí parametry jsou určeny stejným způsobem, jako je tomu v kapitole 4.1.1, viz část dopočet výchozích parametrů modelu. Pro cenu zinku jsou výchozí parametry modelu uvedeny v tabulce 4.5.

Tabulka 4.5: Výchozí parametry GBP pro cenu zinku USD/tunu

Parametry geometrického Brownova pohybu pro cenu zinku	
$\hat{\alpha}$	0,00000689
σ	0,3000473
Δt	1

TEST STATISTICKÉ VÝZNAMNOSTI

Pro účely statistické verifikace modelu byl použit modul Excel *Regrese*, a to k posouzení statistické významnosti parametrů a modelu jako celku dle t-testů a F-testů. Regresní analýza je znázorněna v tabulce 4.6. V daném případě se ukázalo, že parametry modelu jsou dle hodnoty P na 5% hladině statisticky významné.

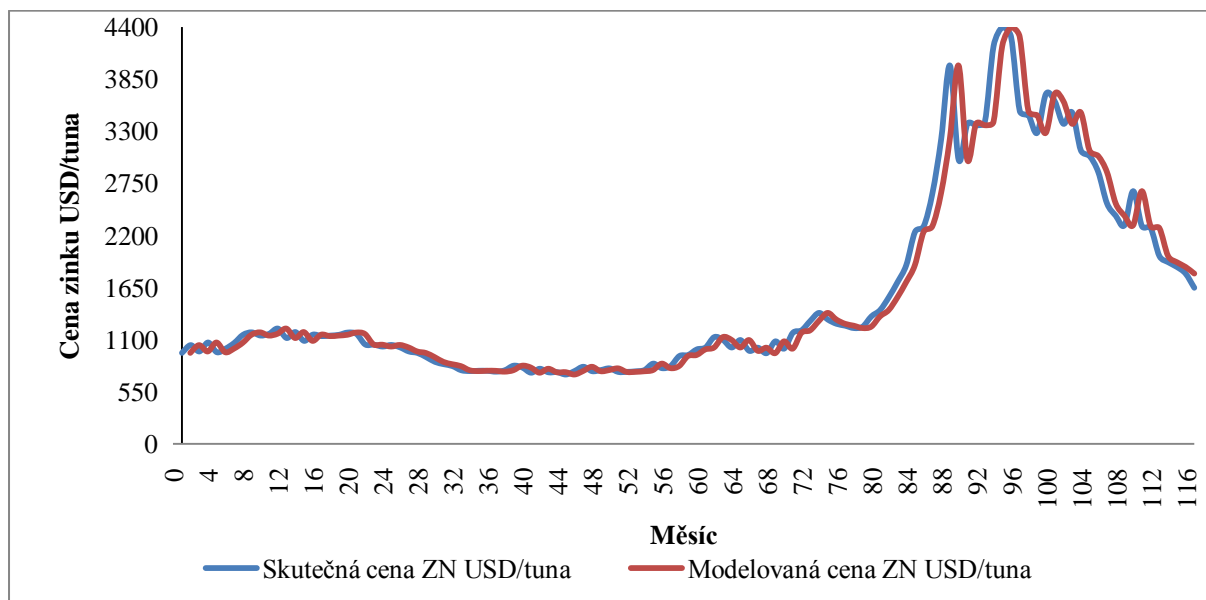
Tabulka 4.6: Regresní analýza modelu

Regresní analýza						
VÝSLEDEK						
Regresní statistika						
Násobné R						0,909341168
Hodnota spolehlivosti R						0,82690136
Nastavená hodnota spolehlivosti R						-0,17309864
Chyba stř. hodnoty						0,068762899
Pozorování						117
ANOVA						
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F	
Regrese	1	0,022587512	0,022588	4,7770529	0,035	
Rezidua	116	0,004728336	0,004728			
Celkem	117	0,027315849				
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%
Hranice	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
alfa	0,00006	0,00003	2,18564	0,0324	-0,000273	0,000387071

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ

Graf 4.2 zachycuje skutečný a modelovaný vývoj ceny zinku USD/tuna.

Graf 4.2: Porovnání skutečné a modelované ceny zinku USD/tunu



4.2 PREDIKCE VÝVOJE NÁHODNÝCH PROMĚNNÝCH PRO ODHAD CEN PRODUKCE

Tato kapitola je věnována predikci vstupních dat na dobu 20ti let, pro kterou se předpokládá životnost projektu. Je zde provedena simulace náhodného vývoje kurzu ZCK/USD, ceny zinku (Kč/kg), variabilních nákladů a ceny kilogramu pozinkovaného materiálu včetně rozdělení pravděpodobností na bázi geometrického Brownova pohybu. Simulace je provedena pro 1000 scénářů. Pro názornost je u jednotlivých částí graficky znázorněno prvních deset scénářů vývoje veličin. Pro generování náhodných čísel je využit Excel modul *Generátor pseudonáhodných čísel*.

4.2.1 PREDIKCE KURZU CZK/USD DLE GBP

Pomocí simulační metody Monte Carlo je vyjádřena simulace náhodného procesu vývoje kurzu CZK/USD pro $K = 1000$ scénářů. Přitom simulace každého scénáře je provedena na bázi geometrického Brownova procesu pro $N = 20$ kroků (let), délkou jednoho

kroku ve výši $\Delta t = 1$. Vstupní parametry pro simulaci kurzu CZK/USD jsou uvedeny v tabulce 4.7. Parametry jsou uvedeny v ročních hodnotách.

Tabulka 4.7: Vstupní parametry pro simulaci kurzu CZK/USD

Parametry geometrického Brownova pohybu pro kurz CZK/USD	
výchozí kurz (prosinec 2009) CZK/USD	18,489
$\hat{\alpha}$	-0,0027938
σ	0,1242872
Δt	1

Predikce kurzu CZK/USD probíhá v následujících krocích:

1. Vygenerování náhodných proměnných z .

Nejprve jsou pomocí *Generátoru pseudonáhodných čísel* vygenerována náhodná čísla z z normovaného normálního rozdělení $\phi(0;1)$ pro 1000 náhodných scénářů. V Excelu je možno nalézt tento prostředek postupně v *Doplňcích* → *Analýza dat* → *Generátor pseudonáhodných čísel*. Do počtu proměnných bylo zadáno číslo 20 (počet let) a do počtu náhodných čísel pak číslo 1000 (počet scénářů), jak je možno vidět v obrázku 4.2.

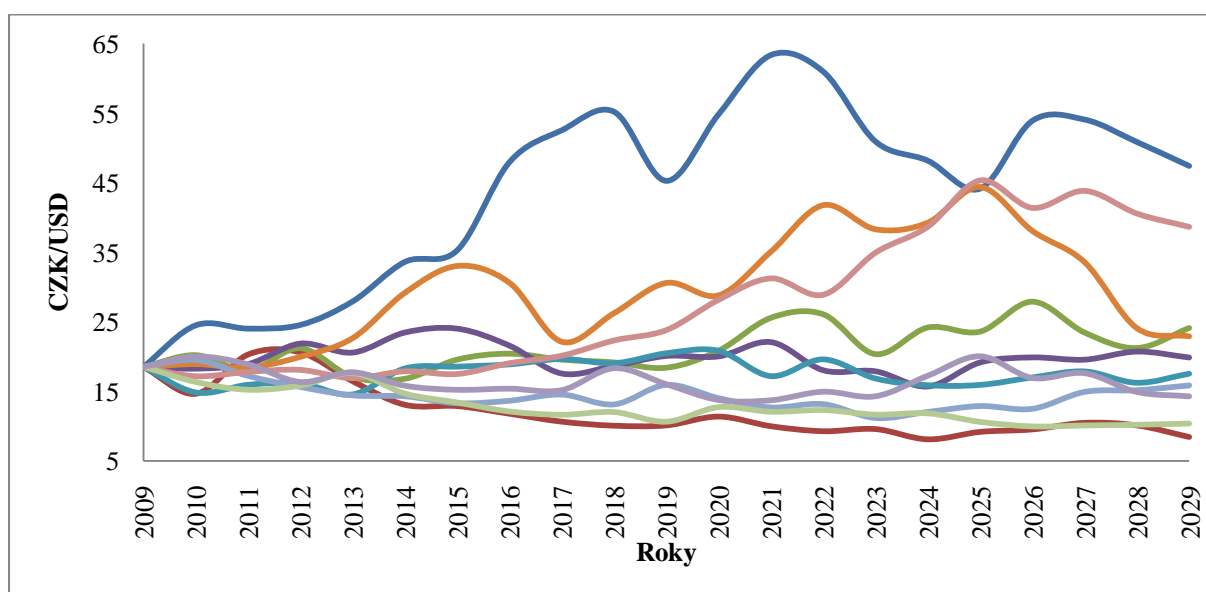
Obrázek 4.2: Generátor pseudonáhodných čísel

2. Predikce vývoje kurzu CZK/USD.

Je dána hodnota výchozího kurzu k prosinci roku 2009 (18,489 CZK/USD), která je uvedena v tabulce 4.3. Z této hodnoty se vychází při výpočtu kurzu v prvním roce dle vzorce (49). Graf X zachycuje výsledky simulace pro vybraných 10 scénářů vývoje kurzu CZK/USD. Po dosazení vstupních dat je vzorec formulován takto

$$KURZ_t = KURZ_{t-1} \cdot EXP(-0,0027938 \cdot 1 + 0,1242872 \cdot \tilde{z} \cdot \sqrt{\Delta t}). \quad (70)$$

Graf 4.3: Simulace vývoje kurzu CZK/USD pro období 2009/2029 (10 scénářů)



4.2.2 PREDIKCE CENY ZINKU DLE GBP

Postup pro simulaci ceny zinku je stanoven obdobně jako postup pro simulaci kurzu CZK/USD. Výchozí parametry modelu pro predikci jsou uvedeny v tabulce 4.8. Parametry jsou uvedeny v ročních hodnotách.

Tabulka 4.8: Vstupní parametry pro simulaci ceny zinku

predikce ceny zinku	
Výchozí cena Zn (23.12.2009) USD/tunu	2386
$\hat{\alpha}$	0,00000689
σ	0,30004734
Δt	1

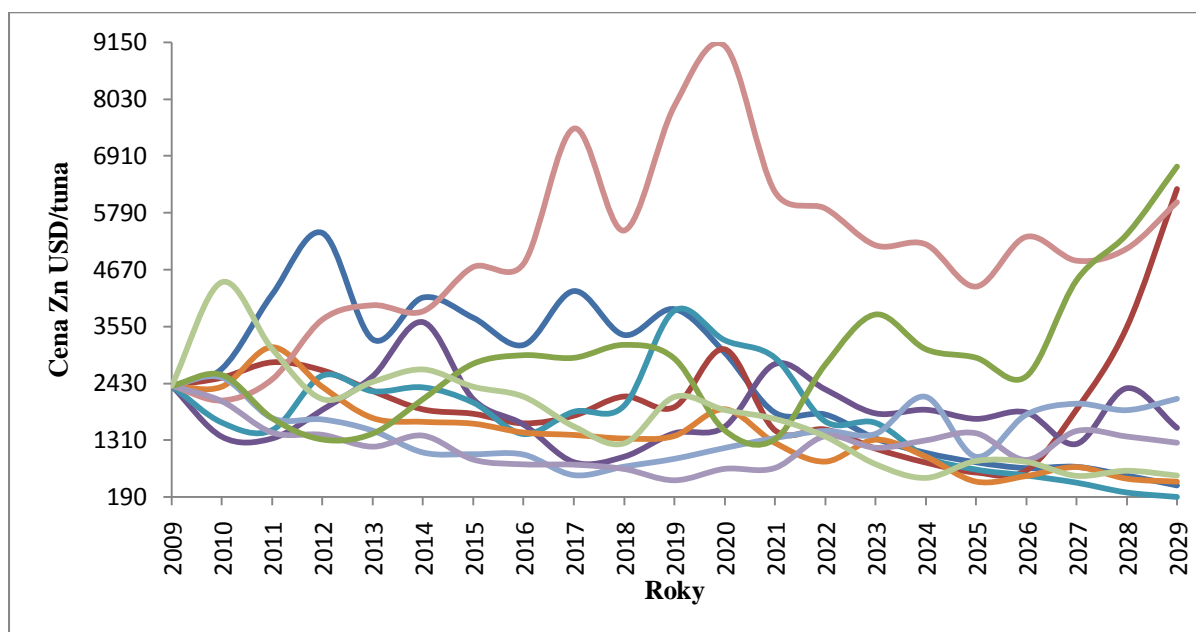
Predikce ceny zinku probíhá v následujících krocích:

1. Vygenerování náhodných proměnných z , pro 1000 scénářů na období 20 let.

2. Predikce ceny zinku USD/tunu.

Simulací jsou vypočteny podle vzorce (49) ceny zinku na dobu dvacet let od roku 2010 v rozmezí tisíc scénářů. Tato cena zinku je však stále uvedena v jednotkách USD/tuna, jak lze vidět v grafu 4.4.

Graf 4.4: Simulace vývoje ceny zinku (USD/tunu pro období 2009 – 2029, 10 scénářů)



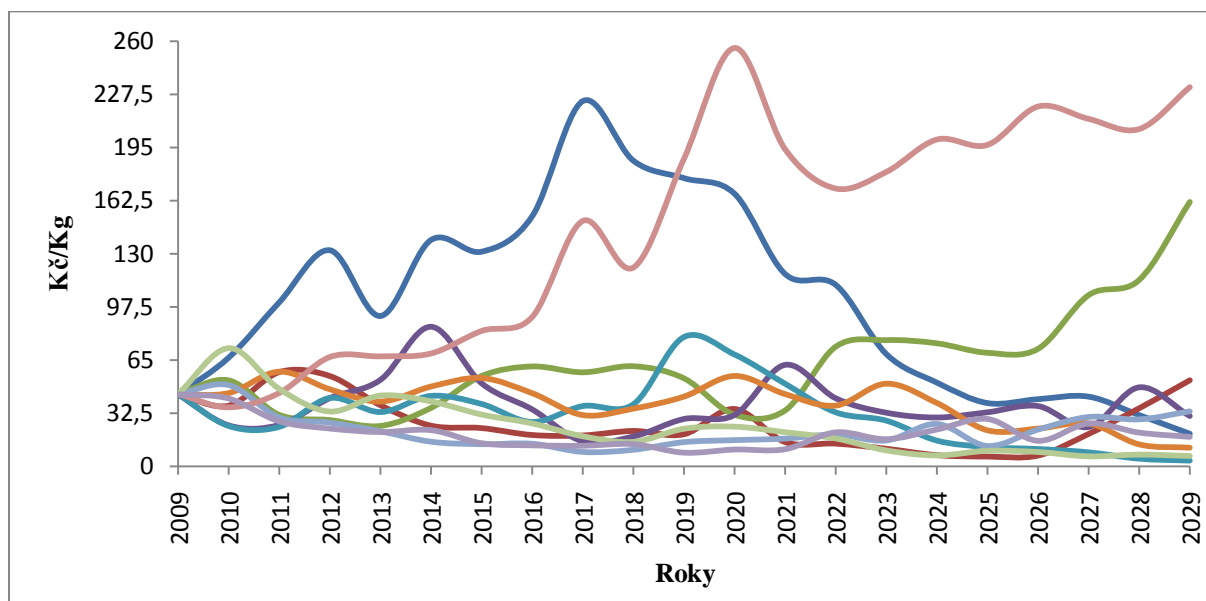
3. Cena zinku (Kč/kg).

Výpočet ceny zinku Kč/kg vychází ze vztahu

$$P_{Kč/kg}^{Zn} = \frac{P_{USD/kg}^{Zn} \cdot \text{Kurz}_t^{CZK/USD}}{1000}. \quad (71)$$

Graf 4.5 zachycuje výsledky simulace vývoje ceny zinku Kč/kg pro vybraných 10 scénářů po dobu dvaceti let.

Graf 4.5: Simulace vývoje ceny zinku Kč/kg



4.2.3 PREDIKCE PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

Provozní náklady na jednotku produkce jsou složeny z nákladů na nákup zinku, tedy z variabilní složky provozních nákladů na jednotku produkce, a z nákladů na průsadbou a elektřinu, tedy fixních nákladů na jednotku produkce. Ze zkoumání závislosti historických dat variabilních nákladů je vztah složení $PN_{jedn.}$ na jednotku vyjádřen v tabulce 4.9.

Tabulka 4.9: Složení provozních nákladů na jednotku výroby

Celkové provozní náklady ($PN_{jedn.}$)	Náklady na zinek (variabilní složka provozních nákladů na jednotku) (PN_{Zn})	Náklady na průsadbou a elektřinu ($PN_{prūs.} + PN_{el.}$)
100%	22%, kde $22\% \text{ z } PN_{jedn.} = 5\% P_{Kč/kg}^{Zn}$	78%

Náklady na průsadbou a elektřinu jsou náklady spjaté s výrobou a s každou jednotkou produkce v obecném souhrnu. Náklady na průsadbou zahrnují například náklady na

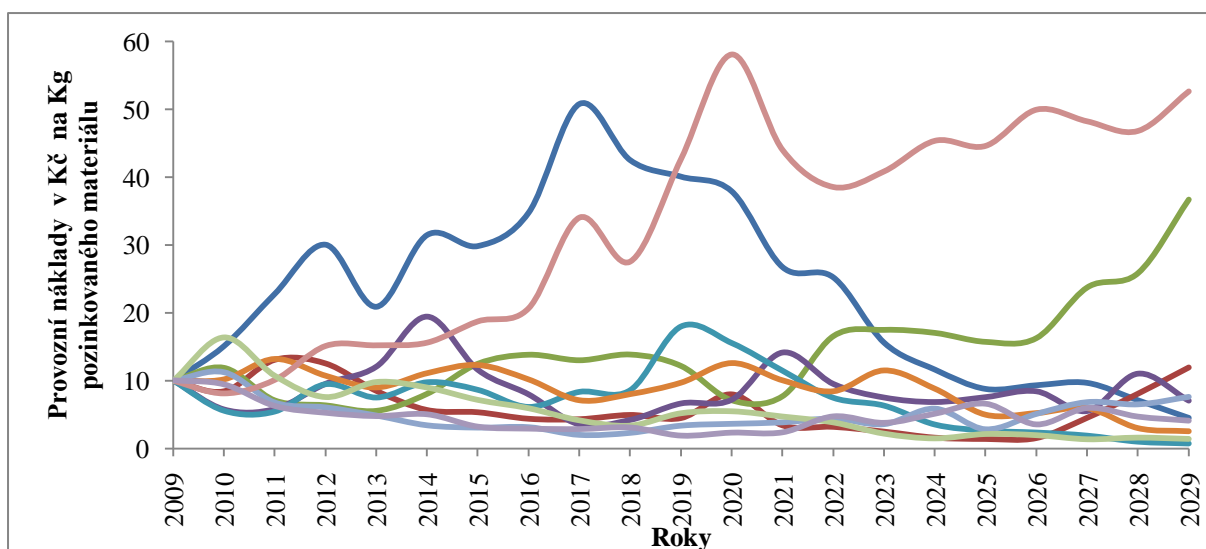
zaměstnance, výměnu kyselin, veškeré náklady související s náklady na jednotku produkce s výjimkou nákladů na zinek. Tato složka nákladů se dá považovat za fixní část provozních nákladů na jednotku produkce.

Celkové provozní náklady na jednotku produkce jsou určeny ze vztahu

$$PN_{jedn.} = PN_{Zn} + PN_{průs.} + PN_{el.} \quad (72)$$

Graf 4.6 zachycuje výsledky simulace vývoje provozních nákladů po dobu 20 let pro 10 scénářů.

Graf 4.6: Provozní náklady na jednotku produkce v Kč/kg pozinkovaného materiálu

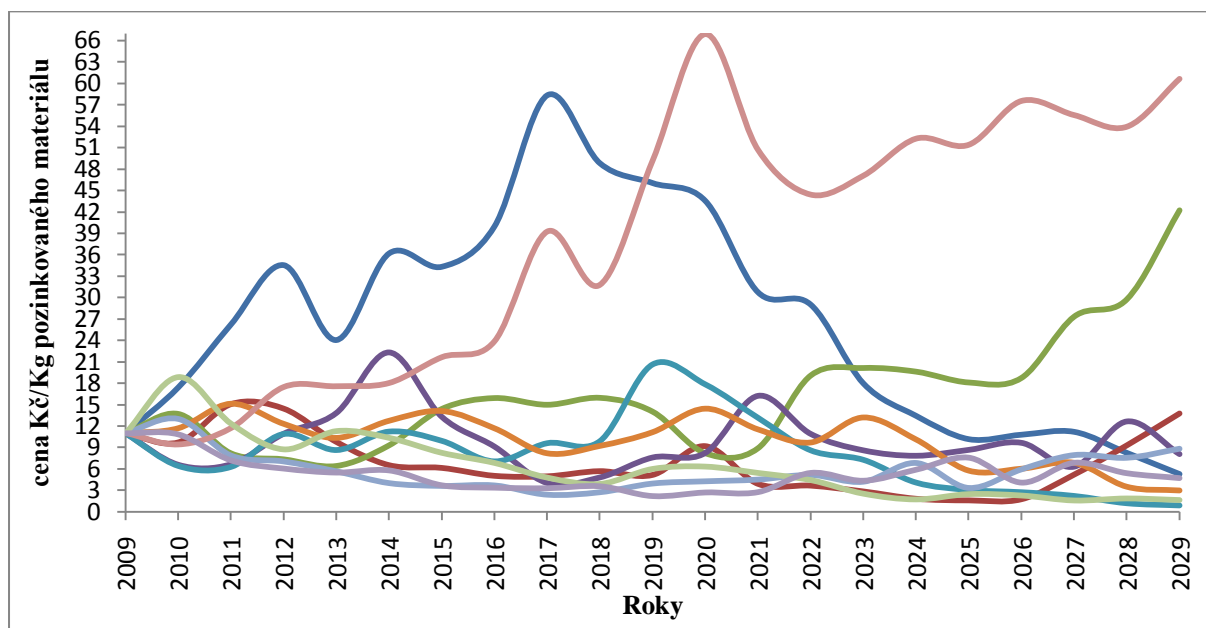


4.2.4 PREDIKCE CENY ZA KILOGRAM POZINKOVANÉHO MATERIÁLU

Při určování ceny za kilogram pozinkovaného materiálu se vychází z nákladů, které na jednotku produkce v každém období připadají. Graf 4.7 zachycuje vývoj ceny produkce na dobu dvaceti let pro 10 scénářů. Cena produkce je určena tak, že k jednotkovým $PN_{jedn.}$ je přičtena zisková přírážka ve výši 15% , tj.

$$P_{jedn.} = 1,15 PN_{jedn.} \quad (74)$$

Graf 4.7: Vývoj jednotkové ceny produkce (2009 – 2029)



4.3 OCENĚNÍ PROJEKTU TRADIČNÍ METODOU NPV

Oceněním projektu tradiční metodou je získána čistá současná hodnota projektu, tedy NPV (Net Present Value). Při tomto ocenění projektu metodou určení NPV se nepočítá s žádným zásahem do projektu, tedy není využita žádná opce. Projekt je oceněn a je určena čistá současná hodnota aniž by se počítalo se změnou ve výrobě (snížení, rozšíření, ukončení výroby, předčasné přerušení) v závislosti na dění na trhu, od kterého se tato výroba odvíjí. Projekt je oceněn pro 1000 scénářů.

Postup ocenění projektu je rozdělen do těchto kroků:

1. *Výpočet ročního EBT projektu pro jednotlivé roky a scénáře.*

Výpočet ročního zisku po úrocích před daněmi, tedy EBT (Earnings before Taxes), vychází ze vzorce (40).

2. *Výpočet ročního EAT projektu.*

Výpočet čistého zisku vychází ze vzorce (40) a výpočet pro i -tý scénář a rok t je znázorněn následovně

$$EAT_t^i \begin{cases} EBT_t^i \cdot (1 - d) & \text{když } EBT_t^i > 0, \\ EBT_t^i & \text{když } EBT_t^i < 0. \end{cases} \quad (74)$$

3. Výpočet ročního nominálního FCF.

Hodnota nominálního free cash flow je vypočtena dle vzorce (2). Výpočet nominálního FCF pro i -tý scénář a rok t je znázorněn tímto vzorcem

$$FCF_t^i = EAT_t^i + ODP_t - \Delta\check{C}PK_t, \quad (75)$$

kde ODP_t jsou odpisy pro rok t a $\Delta\check{C}PK_t$ jsou výdaje na přírůstek ČPK (čistého pracovního kapitálu) a zde je tato hodnota $\Delta\check{C}PK_t$ pro rok t rovna nule.

4. Výpočet ročního diskontovaného FCF ($PV(FCF^i)$) a jeho sumarizace.

Nominální peněžní toky jsou diskontovány do současné hodnoty. Nominální FCF jsou diskontovány náklady kapitálu, které jsou uvedeny v tabulce 3.1. Celkové FCF v současné hodnotě z celého projektu jsou získány vztahem

$$PV(FCF^i) = \sum_{t=1}^{T=20} PV(FCF_t^i). \quad (76)$$

5. Výpočet roční hodnoty NPV projektu pro jednotlivé scénáře.

Současná hodnota peněžních toků z jednotlivých let projektu je sečtena a od ní je odečtena hodnota investice. NPV je vypočteno dle vzorce (7), vycházíme ze vztahu

$$NPV_{2009}^i = PV(FCF^i) - INV_{2009}. \quad (77)$$

6. Sestrojení funkce hustoty a histogramu četností očekávané NPV projektu a výpočet základního statistického rozložení.

Jelikož je vypočtena hodnota projektu pro 1000 scénářů, je třeba vypočítat hodnoty, které popisují výsledky simulace v souhrnu. Pro tento popis byly vybrány výpočty hodnoty střední hodnoty, směrodatné odchylky, mediánu, minima a maxima. Tyto charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 4.10.

Tabulka 4.10: Stručná charakteristika popisující všechny scénáře vývoje NPV (v Kč)

střední hodnota	63 313 777
σ	78 371 807
medián	38 393 718
min	-16 144 789
max	670 800 839

Byly zjištěny následující charakteristiky rozložení NPV projektu:

Střední hodnota – jedná se o očekávanou hodnotu NPV projektu, která je průměrnou hodnotou všech výsledků simulace (průměrná hodnota NPV).

Směrodatná odchylka – signalizuje odchylku od střední hodnoty výsledků simulace.

Medián – jedná se o prostřední hodnotu výsledku simulace (hodnotu NPV jež polovina scénářů vykazuje větší hodnotu NPV než je tato a u poloviny scénářů je hodnota NPV menší).

Min – jedná se o nejhorší výsledek simulace (nejnižší NPV).

Max – jedná se o nejlepší výsledek simulace (nejvyšší NPV).

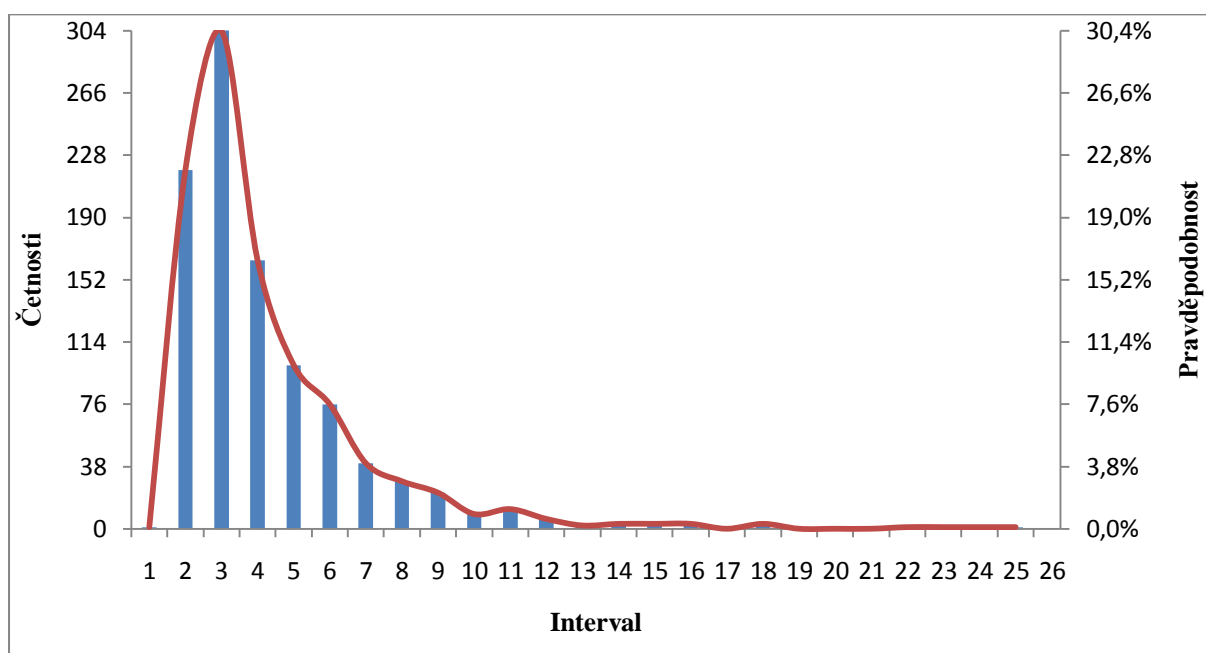
Tabulka 4.11 zachycuje rozdělení jednotlivých výsledků simulace do 25 intervalů, jejich četnosti a pravděpodobnost s jakou budou tyto výsledky mít tuto velikost.

Tabulka 4.11: Rozdělení scénářů vývoje NPV do intervalů a určení četností a pravděpodobností

projekt bez použití OPCE			
interval		četnos ti	pravděpodobnos t
1	-16 144 789	1	0,1%
2	12 477 945,8	219	21,9%
3	41 100 680,3	304	30,4%
4	69 723 414,7	164	16,4%
5	98 346 149,2	100	10,0%
6	126 968 883,7	76	7,6%
7	155 591 618,2	40	4,0%
8	184 214 352,7	29	2,9%
9	212 837 087,1	22	2,2%
10	241 459 821,6	9	0,9%
11	270 082 556,1	12	1,2%
12	298 705 290,6	6	0,6%
13	327 328 025,1	2	0,2%
14	355 950 759,6	3	0,3%
15	384 573 494,0	3	0,3%
16	413 196 228,5	3	0,3%
17	441 818 963,0	0	0,0%
18	470 441 697,5	3	0,3%
19	499 064 432,0	0	0,0%
20	527 687 166,4	0	0,0%
21	556 309 900,9	0	0,0%
22	584 932 635,4	1	0,1%
23	613 555 369,9	1	0,1%
24	642 178 104,4	1	0,1%
25	670 810 838,8	1	0,1%
SUMA		1 000	1

Nejvíce scénářů je zahrnuto v intervalu třetím, a to 304 scénářů spadá do tohoto intervalu. Dle četnosti je poté určena pravděpodobnost, s jakou se bude NPV v daném intervalu vyskytovat. Největší pravděpodobnost, jakou velikost bude mít NPV, vykazuje interval třetí, a to pravděpodobnost 30,4%. Graf 4.8 zachycuje funkci hustoty a histogram četností očekávaných NPV projektu oceněného bez opce.

Graf 4.8: Funkce hustoty a histogram četností očekávaných NPV projektu



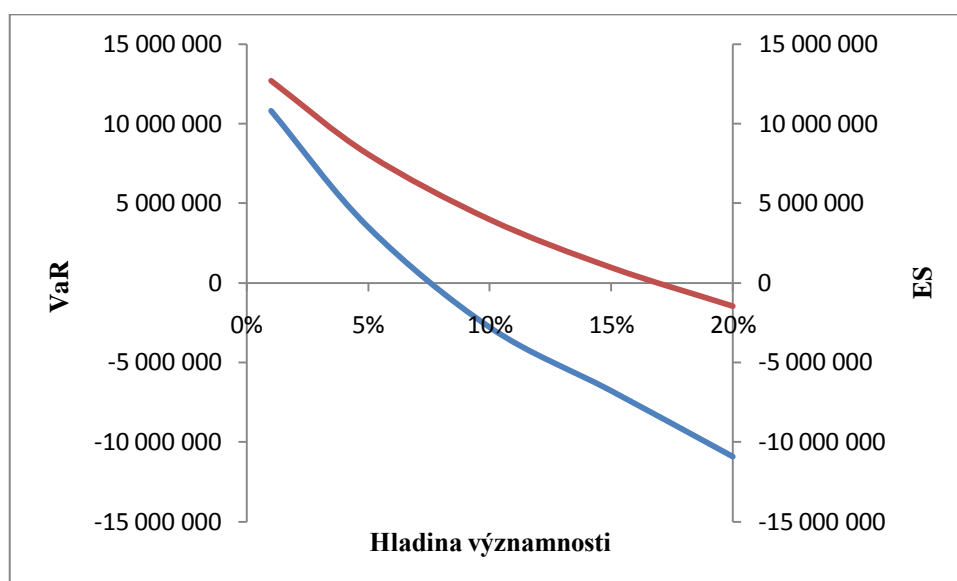
7. Analýza rizika.

Možností jak predikovat výši ztráty na dané hladině spolehlivosti je použití metody *VaR*. Tabulka 4.12 a graf 4.9 zachycuje hodnoty *VaR* (Value at Risk) a *ES* (Expected shortfall) pro dané hladiny významnosti. Hladina významnosti 1% odděluje 1% nejhorších a 99% nejlepších výsledků. V tomto případě je hodnota odpovídající prvnímu percentilu rovna hodnotě –10 818 915 Kč. Tato záporná hodnota odpovídá kladné hodnotě *VaR* (protože *VaR* a ostatní měřítka typu *VaR* jsou definována jako ztráta) a říká, že výsledek na této hladině významnosti je ztráta ve výši 10 818 915 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 99% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota). Hodnota ukazatele *ES* na hladině významnosti 1% (vyjadřuje tedy průměrnou výši ztráty za předpokladu, že je ztráta vyšší než předem stanovená hodnota) je 12 700 906 Kč.

Tabulka 4.12: Hodnoty *VaR* a *ES* pro ocenění projektu bez opce (Kč)

Projekt bez využití opce		
hladina významnosti	VaR	ES
1%	10 818 915	12 700 906
5%	3 502 331	8 080 829
10%	-2 797 690	3 990 035
15%	-6 790 984	979 443
20%	-10 922 151	-1 440 791

Graf 4.9: Hodnota VaR a ES pro vybrané hladiny významnosti (Kč)



4.4 OCENĚNÍ PROJEKTU PRO VYBRANÉ TYPY OPCÍ

Následující podkapitoly jsou věnovány ocenění projektu pomocí metodologie reálných opcí. Je určena čistá současná hodnota pro simulaci 1000 scénářů, ale s tím rozdílem, že je již projekt oceněn v závislosti na flexibilním jednání managementu. Management může v závislosti na vývoji trhu projekt rozšířit, zúžit, předčasně ukončit a dočasně přerušit výrobu. Jedná se o opce Evropského typu, tedy jejich uplatnění je možné pouze v určitém roce a tím je v tomto případě desátý rok životnosti projektu. Ve všech těchto případech a pro všechny scénáře je vypočtena funkce vnitřní hodnoty. Pro účely rozhodnutí, zda výrobu rozšířit, zúžit, předčasně ukončit nebo dočasně přerušit na nějaký čas výrobu, je sestavena rozhodovací funkce. Pro názornost je každý typ opce doplněn popisujícími charakteristikami a grafickým znázorněním. Pro ocenění projektu je určena čistá současná hodnota, a to

1. NPV projektu s OPCÍ na dočasné přerušování výroby,
2. NPV projektu s OPCÍ na předčasně ukončení výroby,
3. NPV projektu s OPCÍ na rozšíření výroby,
4. NPV projektu s OPCÍ na zúžení výroby.

4.4.1 OPCE NA DOČASNÉ PŘERUŠENÍ PROJEKTU (OPTION TO TEMPORARILY SHUT DOWN)

Jak je již uvedeno v teoretické části, je pro firmu výhodné v období, kdy ceny produkce klesnou pod úroveň variabilních nákladů produkce (provozních nákladů na jednotku produkce), přerušit výrobu a nepokračovat ve výrobě. Tímto postupem firma minimalizuje ztrátu a výrobu obnoví opět v období, kdy ceny opět vzrostou nad hladinu variabilních nákladů (provozních). Tento projekt je oceněn metodologií reálných opcí s využitím opce na dočasné přerušení projektu, a to opět pro všech 1000 scénářů.

Postup ocenění projektu s opcí na dočasné přerušení projektu je následující:

1. *Výpočet vnitřní hodnoty opce na dočasné přerušení projektu (VH_t^i) pro každý rok a scénář.*

Pro výpočet vnitřní hodnoty opce na dočasné přerušení výroby je využit vzorec (36). Pro účely výpočtu vnitřní hodnoty opce pro i -tý scénář v roce t vzorec sestaven takto

$$VH_t^i = \text{MAX}(P_t^i - PN_t^i; 0), \quad (78)$$

kde P_t^i je cena jednotky produkce pro i -tý scénář v roce t a PN_t^i jsou provozní náklady na jednotku pro i -tý scénář v roce t . Cena produkce je určena tak, že k jednotkovým PN je přičtena zisková přírážka ve výši 15%, proto nikdy VH opce na dočasné přerušení projektu nenabývá jiné než kladné hodnoty.

2. *Výpočet EBT projektu (EBT_t^i) pro každý rok a scénář.*

Výpočet ročního zisku po úrocích před daněmi, tedy EBT (Earnings before Taxes), vychází ze vzorce (41). Výpočet EBT_t^i pro i -tý scénář v roce je sestaven takto

$$EBT_t^i = (Q_t \cdot VH_t^i) - ODP_t, \quad (79)$$

kde Q_t je produkce v kg/rok, VH_t^i je vnitřní hodnota i -tího scénáře v roce t a ODP_t je velikost ročních odpisů.

3. Výpočet EAT projektu (EAT_t^i) pro každý rok a scénář.

Výpočet čistého zisku vychází ze vzorce (40) a výpočet čistého zisku pro i -tý scénář a rok t je znázorněn následovně

$$EAT_t^i = \begin{cases} EBT_t^i \cdot (1 - d) & \text{když } EBT_t^i > 0, \\ EBT_t^i & \text{když } EBT_t^i < 0. \end{cases} \quad (80)$$

4. Výpočet nominálních FCF projektu (FCF_t^i) pro každý rok a scénář.

Hodnota nominálního free cash flow je vypočtena dle vzorce (2). Výpočet je znázorněn tímto vzorcem

$$FCF_t^i = EAT_t^i + ODP_t - \Delta\check{C}PK_t. \quad (81)$$

5. Výpočet diskontovaných FCF projektu ($PV(FCF_t^i)$) pro každý rok a scénář.

Nominální peněžní toky, pro i -tý scénář a t rok, jsou diskontovány do současné hodnoty. Nominální FCF jsou diskontovány náklady kapitálu, které jsou uvedeny v tabulce 3.1.

$$PV(FCF_t^i) = \sum_{t=1}^{T=20} PV(FCF_t^i). \quad (82)$$

6. Výpočet NPV s opcí na dočasné přerušení výroby (NPV_{2009}^i) pro každý scénář.

Současná hodnota peněžních toků z jednotlivých let projektu je sečtena a od ní je odečtena hodnota investice. NPV je vypočteno dle vzorce (7), vycházíme ze vztahu

$$NPV_{2009}^i = \sum_{t=1}^{T=20} PV(FCF_t^i) - INV. \quad (83)$$

7. Sestrojení funkce hustoty a histogramu četností očekávané NPV projektu a výpočet základního statistického rozložení.

Jelikož je vypočtena hodnota projektu pro 1000 scénářů, je třeba vypočítat hodnoty, které popisují výsledky simulace v souhrnu. Pro tento popis byly vybrány výpočty hodnoty střední hodnoty, směrodatné odchylky, mediánu, minima a maxima. Tyto charakteristiky pro ocenění s opcí na dočasné přerušení projektu jsou uvedeny v tabulce 4.13.

Tabulka 4.13: Stručná charakteristika popisující všechny scénáře vývoje NPV (Kč)

střední hodnota	63 313 777
σ	78 371 807
medián	38 393 718
min	-16 144 789
max	670 800 839

Tabulka 4.14 zachycuje rozdělení jednotlivých výsledků simulace do 25 intervalů, jejich četností a pravděpodobností s jakou budou tyto výsledky mít tuto velikost.

Byly zjištěny následující charakteristiky rozložení NPV projektu s opcí na dočasné přerušení projektu:

Střední hodnota – (62 313 777 Kč) jedná se o očekávanou hodnotu NPV projektu, která je průměrnou hodnotou všech výsledků simulace (průměrná hodnota NPV).

Směrodatná odchylka – (78 371 807 Kč) signalizuje odchylku od střední hodnoty výsledků simulace.

Medián – (38 393 718 Kč) jedná se o prostřední hodnotu výsledku simulace (hodnotu NPV, jež polovina scénářů vykazuje větší hodnotu NPV než je tato a u poloviny scénářů je hodnota NPV menší).

Min – (-16 144 789 Kč) jedná se o nejhorší výsledek simulace (nejnižší NPV).

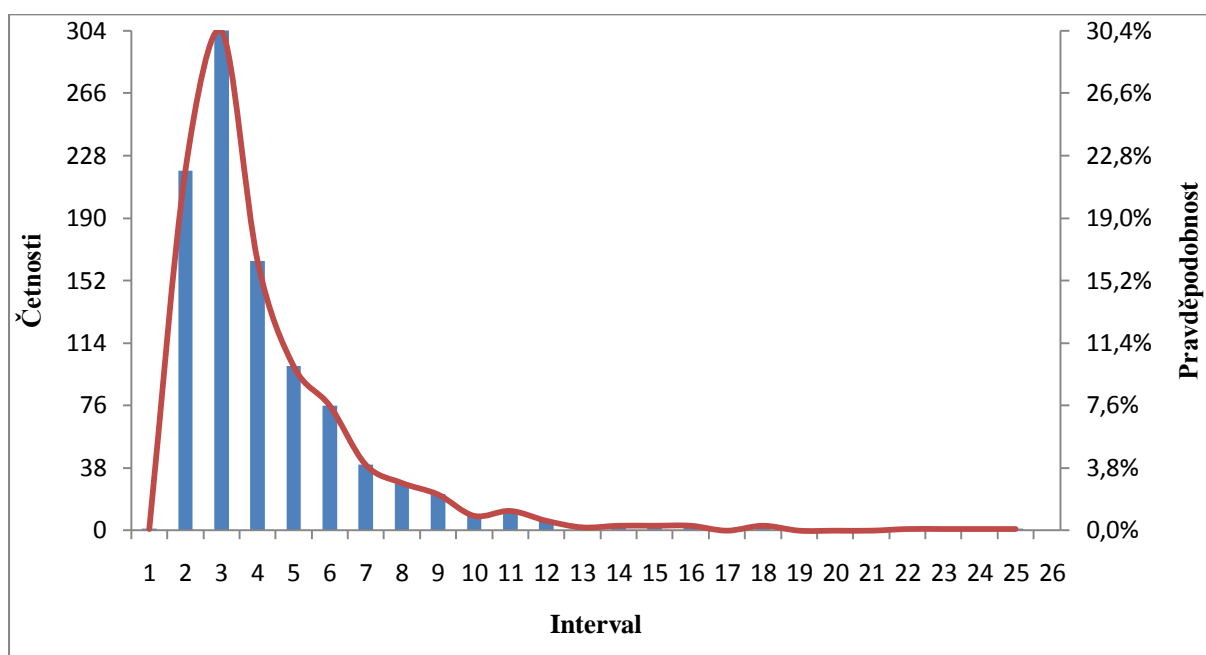
Max – (670 800 839 Kč) jedná se o nejlepší výsledek simulace (nejvyšší NPV).

Tabulka 4.14: Rozdělení scénářů vývoje NPV do intervalů a určení četností a pravděpodobností

OPCe na přerušení projektu			
interval		četnosti	pravděpodobnost
1	-16 144 789	1	0,1%
2	12 477 946	219	21,9%
3	41 100 680	304	30,4%
4	69 723 415	164	16,4%
5	98 346 149	100	10,0%
6	126 968 884	76	7,6%
7	155 591 618	40	4,0%
8	184 214 353	29	2,9%
9	212 837 087	22	2,2%
10	241 459 822	9	0,9%
11	270 082 556	12	1,2%
12	298 705 291	6	0,6%
13	327 328 025	2	0,2%
14	355 950 760	3	0,3%
15	384 573 494	3	0,3%
16	413 196 229	3	0,3%
17	441 818 963	0	0,0%
18	470 441 697	3	0,3%
19	499 064 432	0	0,0%
20	527 687 166	0	0,0%
21	556 309 901	0	0,0%
22	584 932 635	1	0,1%
23	613 555 370	1	0,1%
24	642 178 104	1	0,1%
25	670 800 839	1	0,1%
SUMA		1 000	1

Nejvíce scénářů je zahrnuto v intervalu třetím, a to 304 scénářů spadá do tohoto intervalu. Dle četnosti je poté určena pravděpodobnost, s jakou se bude NPV v daném intervalu vyskytovat. Největší pravděpodobnost, jakou velikost bude mít NPV, vykazuje interval třetí, a to pravděpodobnost 30,4%. Graf 4.10 zachycuje funkci hustoty a histogram četností očekávaných NPV projektu oceněného s opcí na dočasné přerušení projektu.

Graf 4.10: Zobrazení funkce hustoty a histogram četností očekávaného NPV projektu



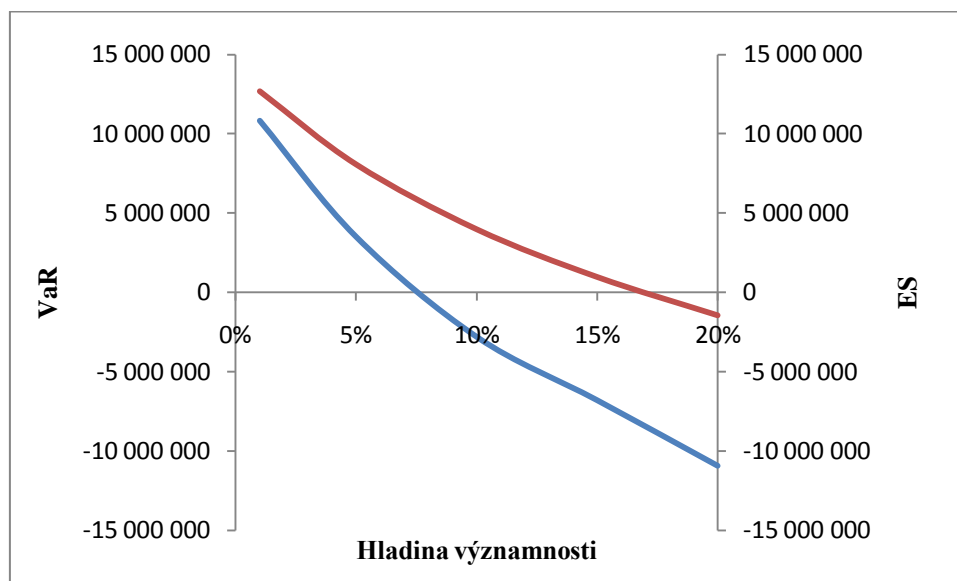
8. Analýza rizika.

Možností jak predikovat výši ztráty na dané hladině spolehlivosti je použití metody VaR. Tabulka 4.15 a graf 4.11 zachycuje hodnoty *VaR* (Value at Risk) a *ES* (Expected shortfall) pro dané hladiny významnosti. Hladina významnosti 1% odděluje 1% nejhorších a 99% nejlepších výsledků. V tomto případě je hodnota odpovídající prvnímu percentilu rovna hodnotě $-10\,818\,915$ Kč. Tato záporná hodnota odpovídá kladné hodnotě VaR (protože VaR a ostatní měřítka typu VaR jsou definována jako ztráta) a říká, že výsledek na této hladině významnosti je ztráta ve výši $10\,818\,915$ Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 99% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota). Hodnota ukazatele ES na hladině významnosti 1% (vyjadřuje tedy průměrnou výši ztráty za předpokladu, že je ztráta vyšší než předem stanovená hodnota) je $12\,700\,906$ Kč. Hodnoty VaR a ES jsou shodné s hodnotami při ocenění projektu bez opce, neboť tato opce není využita.

Tabulka 4.15: Hodnoty VaR a ES pro ocenění projektu s opcí na dočasné přerušení projektu

Využití opce na přerušení projektu		
hladina významnosti	VaR	ES
1%	10 818 915	12 700 906
5%	3 502 331	8 080 829
10%	-2 797 690	3 990 035
15%	-6 790 984	979 443
20%	-10 922 151	-1 440 791

Graf 4.11: Hodnota VaR a ES pro vybrané hladiny významnosti



4.4.2 OPCE NA UKONČENÍ PROJEKTU (OPTION TO ABANDON A PROJECT)

V situaci, kde se podmínky na trhu nevyvíjí pro výrobu daného podniku příznivě, by mělo být zváženo, zda není vhodné projekt ukončit a odprodat ho za zůstatkovou cenu. K tomu je možno využít opci na ukončení projektu. Je uvažována evropská opce, která má udán termín na předčasné ukončení 10. rok výroby a prodejní cena (A_t) je udána ve velikosti 20 000 000 Kč. Vstupní data jsou uvedena v tabulce 4.16. NPV s opcí na ukončení projektu je vypočtena pro 1000 scénářů.

Tabulka 4.16: Vstupní data pro opci na předčasné ukončení projektu

OPCE na předčasné ukončení	
Prodejní cena	20 000 000
Možnost uplatnění opce na předčasné ukončení	10. rok od zahájení projektu

Postup určení NPV s opcí na ukončení projektu je vypočteno pomocí následujících kroků:

1. Výpočet současné hodnoty očekávaných peněžních toků po ukončení projektu pro každý rok a scénář.

Nejprve je třeba vypočíst peněžní toky převedené do současné hodnoty, které plynou z projektu po desátém roce, kdy by mohl být projekt ukončen. Proto je diskontován očekávaný peněžní tok z projektu od desátého roku, a to náklady kapitálu.

2. Výpočet sumy diskontovaných FCF ($V_{A,t}$) pro každý scénář.

Peněžní toky, které plynou z projektu po desátém roce do konce doby životnosti, kdy je projekt ukončen, jsou diskontovány k okamžiku rozhodnutí o možnosti uplatnění opce (10. rok od zahájení) a sečteny. Tato hodnota je velikostí dodatečných peněžních toků od desátého roku do dvacátého roku životnosti projektu, o kterou by se přišlo, pokud by byl projekt ukončen.

3. Výpočet vnitřní hodnoty opce na ukončení projektu (VH^i) pro každý scénář.

Výpočet funkce vnitřní hodnoty opce na předčasné ukončení projektu je znázorněn ve vzorci (30). Pro i -tý scénář je výpočet vnitřní hodnoty opce na ukončení projektu znázorněn takto

$$VH_{2018}^i = MAX(V_{A,10}^i; A_t), \quad (84)$$

$$V_{A,10}^i = \sum_{t=10}^{T=20} PV(FCF_t^i), \quad (85)$$

kde $V_{A,t}^i$ je hodnota dodatečných peněžních toků od desátého roku do dvacátého roku životnosti projektu, o kterou by se přišlo, pokud by byl projekt ukončen pro i -tý scénář a A_t je prodejní cena projektu.

4. *Rozhodnutí o využití opce na ukončení projektu (Ω) pro každý scénář.*

Rozhodovací funkci pro každý scénář lze zapsat následujícím způsobem

$$\Omega \begin{cases} \text{pokračovat v projektu pokud } V_{A,10}^i > A_t, \\ \text{předčasně ukončit projekt pokud } V_{A,10}^i < A_t. \end{cases} \quad (86)$$

Z rozhodovací funkce je zřejmé, že pokud je suma diskontovaných FCF pro i -tý scénář ($V_{A,10}^i$) větší než prodejní cena, tak projekt nebude ukončen a v tomto scénáři opce na ukončení projektu uplatněna nebude a v projektu se bude dále pokračovat. V opačném případě bude opce na ukončení projektu využita a projekt bude prodán za prodejní cenu (A_t).

5. *Výpočet současné hodnoty očekávaných peněžních toků do doby využití opce společně s (VH_{disk}^i).*

Výpočet celkových FCF pro i -tý scénář je znázorněn takto

$$FCF_A^i = \sum_{t=1}^{t=9} PV(FCF^i) + PV(VH_{10}^i), \quad (87)$$

kde $\sum_{t=1}^{t=9} PV(FCF^i)$ je současná hodnota FCF z projektu za roky 2009 - 2019 a $PV(VH_{10}^i)$ vnitřní hodnota opce na ukončení projektu i -tého scénáře diskontovaná k okamžiku rozhodnutí o možnosti uplatnění opce (10. rok životnosti projektu, tedy rok 2019).

6. *Výpočet NPV opce na ukončení projektu NPV^i .*

Výpočet NPV opce na ukončení projektu je určen ve vzorci (32). Pro účely výpočtu NPV s opcí na ukončení pro i -tý scénář je výpočet sestaven vzorec takto

$$NPV_A^i = FCF_A^i - INV, \quad (88)$$

kde FCF_A^i jsou peněžní toky pro i -tý scénář s opcí na ukončení projektu a INV je investice do daného projektu.

7. *Sestrojení funkce hustoty a histogramu četností očekávané NPV projektu a výpočet základního statistického rozložení.*

Jelikož je vypočtena hodnota projektu pro 1000 scénářů, je třeba vypočítat hodnoty, které popisují výsledky simulace v souhrnu. Pro tento popis byly vybrány výpočty hodnoty střední hodnoty, směrodatné odchylky, mediánu, minima a maxima. Tyto charakteristiky pro ocenění s opcí na předčasné ukončení projektu jsou uvedeny v tabulce 4.17.

Tabulka 4.17: Stručná charakteristika popisující všechny scénáře vývoje NPV(v Kč)

střední hodnota	63 911 159
σ	77 920 248
medián	38 626 923
min	-9 286 279
max	670 800 839

Tabulka 4.18 zachycuje rozdělení jednotlivých výsledků simulace do 25 intervalů, jejich četnosti a pravděpodobnost s jakou budou tyto výsledky mít tuto velikost.

Byly zjištěny následující charakteristiky rozložení NPV projektu s opcí na dočasné přerušení projektu:

Střední hodnota – (63 911 159 Kč) jedná se o očekávanou hodnotu NPV projektu, která je průměrnou hodnotou všech výsledků simulace (průměrná hodnota NPV).

Směrodatná odchylka – (77 920 248 Kč) signalizuje odchylku od střední hodnoty výsledků simulace.

Medián – (38 626 923 Kč) jedná se o prostřední hodnotu výsledku simulace (hodnotu NPV jež polovina scénářů vykazuje větší hodnotu NPV než je tato a u poloviny scénářů je hodnota NPV menší).

Min – (-9 286 279 Kč) jedná se o nejhorší výsledek simulace (nejnižší NPV). V případě opce na předčasné ukončení je ztráta, tedy minimum, minimalizována, a proto je nižší než u projektu oceněného bez opce.

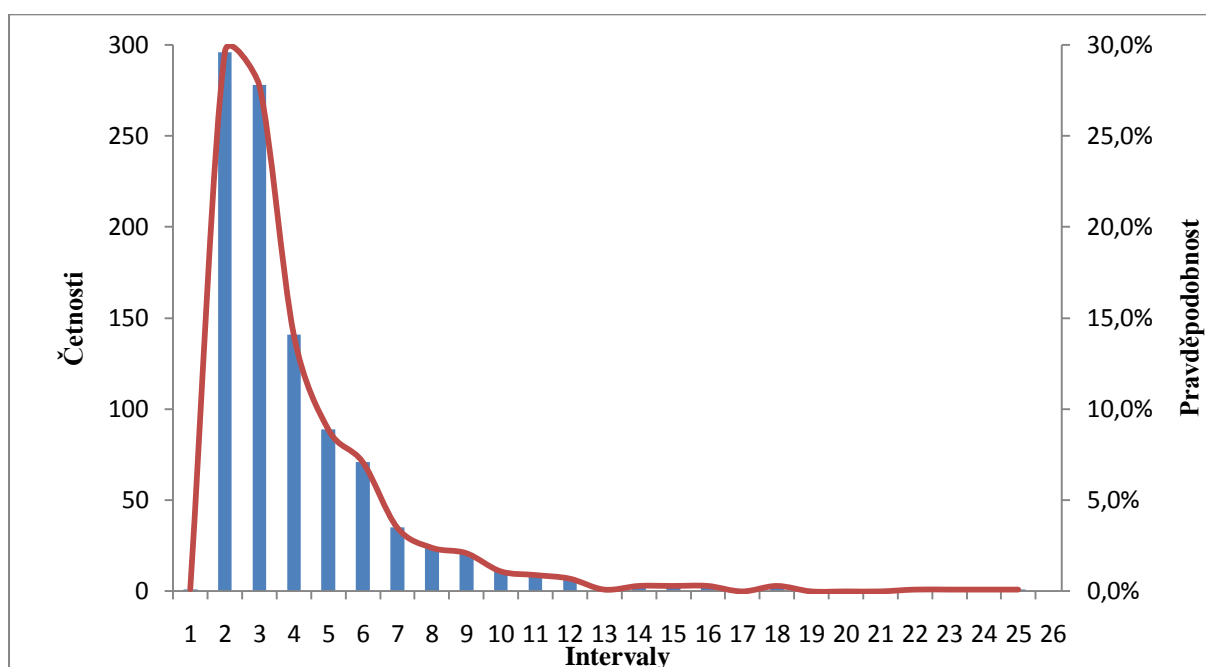
Max – (670 800 839 Kč) jedná se o nejlepší výsledek simulace (nejvyšší NPV).

Tabulka 4.18: Rozdělení scénářů vývoje NPV do intervalů a určení četností a pravděpodobností

OPCE na předčasné ukončení			
interval		četnosti	pravděpodobnost
1	-9 286 279	1	0,1%
2	19 050 684	296	29,6%
3	47 387 647	278	27,8%
4	75 724 611	141	14,1%
5	104 061 574	89	8,9%
6	132 398 537	71	7,1%
7	160 735 500	35	3,5%
8	189 072 464	24	2,4%
9	217 409 427	21	2,1%
10	245 746 390	11	1,1%
11	274 083 353	9	0,9%
12	302 420 317	7	0,7%
13	330 757 280	1	0,1%
14	359 094 243	3	0,3%
15	387 431 206	3	0,3%
16	415 768 170	3	0,3%
17	444 105 133	0	0,0%
18	472 442 096	3	0,3%
19	500 779 059	0	0,0%
20	529 116 023	0	0,0%
21	557 452 986	0	0,0%
22	585 789 949	1	0,1%
23	614 126 912	1	0,1%
24	642 463 876	1	0,1%
25	670 800 839	1	0,1%
SUMA		1 000	1

Nejvíce scénářů je zahrnuto v intervalu druhém, a to 296 scénářů spadá do tohoto intervalu. Dle četnosti je poté určena pravděpodobnost, s jakou se bude NPV v daném intervalu vyskytovat. Největší pravděpodobnost, jakou velikost bude mít NPV, vykazuje interval třetí, a to pravděpodobnost 29,6%. Graf 4.12 zachycuje funkci hustoty a histogram četností očekávaných NPV projektu oceněného s opcí na předčasné ukončení projektu.

Graf 4.12: Zobrazení funkce hustoty a histogram četností očekávaného NPV projektu



8. Citlivostní analýza opce na ukončení projektu.

Je provedena citlivostní analýza opce na ukončení projektu na změnu prodejní ceny. V níže uvedené tabulce 4.19 je popsána změna čisté současné hodnoty s opcí na ukončení projektu a ceny opce, které nabývají různých hodnot se změnou prodejní ceny, a to od velikosti prodejní ceny 20 000 000 Kč po velikost 100 000 000 Kč. Z tabulky je patrné, že již od hodnoty 44 575 348 Kč prodejní ceny, je hodnota NPV s opcí rovna hodnotě NPV bez opce, tedy cena opce je rovna hodnotě 0 Kč. Pokud je velikost prodejní ceny nižší než 44 575 348 Kč, je cena opce rovna nule a nevyplatí předčasně projekt ukončit a prodat za tuto částku, pokud však je prodejní cena vyšší, je vyšší i cena opce a je výhodné opci využít a projekt předčasně ukončit.

Hodnota prodejní ceny, kdy NPV s opcí je rovna hodnotě NPV bez opce, je vypočtena pomocí modulu v Excelu *Řešitel*. Účelová funkce pro výpočet řešitele je znázorněna takto

$$\text{Účelová funkce: } NPV^A - NPV \rightarrow 0. \quad (89)$$

Měněnou buňkou je hodnota prodejní ceny. Řešitel je zobrazen v obrázku 4.3.

Obrázek 4.3: Řešitel pro výpočet prodejní ceny pro velikost ceny opce rovné 0 Kč

Tabulka 4.19: Citlivost ceny opce na předčasné ukončení na změnu prodejní ceny

Citlivost ceny opce na předčasné ukončení na změnu prodejní ceny		
Prodejní cena (Kč)	NPV s opcí	Cena opce (Kč)
20 000 000	60 238 257	0
25 000 000	60 669 423	0
30 000 000	61 208 514	0
35 000 000	61 847 728	0
40 000 000	62 572 324	0
44 575 348	63 313 777	0
50 000 000	64 264 381	950 604
70 000 000	68 457 018	5 143 241
100 000 000	76 041 897	12 728 120

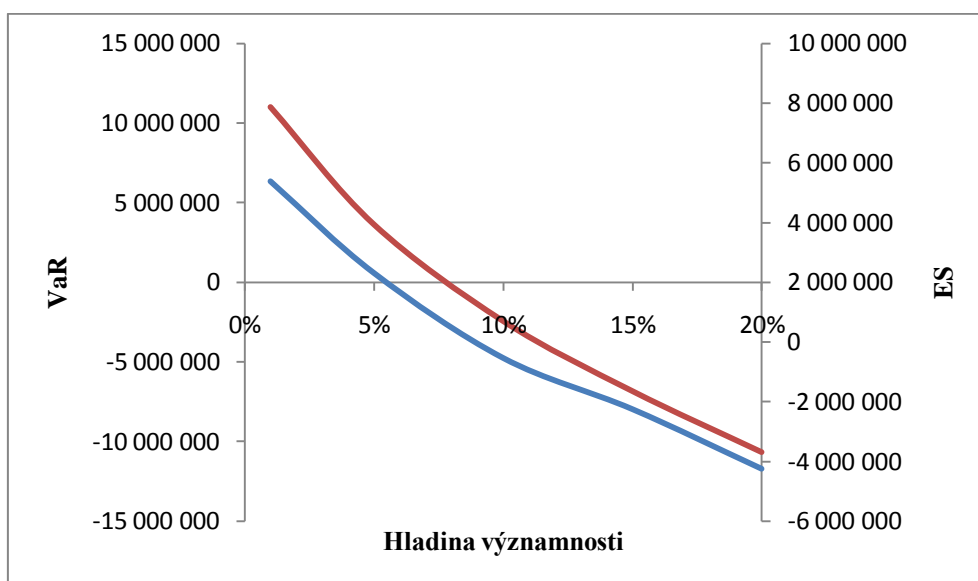
9. Analýza rizika.

Možností jak predikovat výši ztráty na dané hladině spolehlivosti je použití metody VaR. Tabulka 4.20 a graf 4.13 zachycuje hodnoty VaR (Value at Risk) a ES (Expected shortfall) pro dané hladiny významnosti. Hladina významnosti 1% odděluje 1% nejhorších a 99% nejlepších výsledků. V tomto případě je hodnota odpovídající prvnímu percentilu rovna hodnotě –6 364 535 Kč. Tato záporná hodnota odpovídá kladné hodnotě VaR (protože VaR a ostatní měřítka typu VaR jsou definována jako ztráta) a říká, že výsledek na této hladině významnosti je ztráta ve výši 6 364 535 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 99% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota. Hodnota ukazatele ES na hladině významnosti 1% (vyjadřuje tedy průměrnou výši ztráty za předpokladu, že je ztráta vyšší než předem stanovená hodnota) je 7 867 983 Kč.

Tabulka 4.20: Hodnoty VaR a ES pro ocenění projektu s opcí na předčasné ukončení projektu (Kč)

Využití opce na předčasné ukončení projektu		
hladina významnosti	VaR	ES
1%	6 364 535	7 867 983
5%	595 632	3 935 931
10%	-4 756 008	695 812
15%	-7 977 553	-1 651 787
20%	-11 730 637	-3 697 751

Graf 4.13: Hodnota VaR a ES pro jednotlivé hladiny významnosti (Kč)



4.4.3 OPCE NA ROZŠÍŘENÍ PROJEKTU (OPTION TO EXPAND A PROJECT)

V situaci, kde se podmínky na trhu vyvíjí pro výrobu daného podniku příznivě, by mělo být zváženo, zda není vhodné projekt rozšířit. K tomu je možno využít opci na rozšíření projektu. Je uvažována evropská opce, která má udán termín na rozšíření 10. rok výroby a náklady na rozšíření (I_t^E) je udána ve velikosti 6 000 000 Kč. Vstupní data jsou uvedena v tabulce 4.21. NPV s opcí na rozšíření projektu je vypočtena pro 1000 scénářů.

Tabulka 4.21: Vstupní data pro opci na rozšíření projektu

OPCE na rozšíření projektu	
Náklady na rozšíření (Kč)	6 000 000
Rozšíření (%)	20%
Možnost uplatnění opce na rozšíření	10. rok životnosti projektu

Určení NPV s opcí na rozšíření projektu je vypočteno pomocí následujících kroků:

1. Výpočet očekávaných FCF projektu pro jednotlivé roky a scénáře projektu z rozšířené části projektu.

Nejprve je třeba vypočíst peněžní toky z rozšířené části projektu, které plynou z projektu po desátém roce, kdy by mohl být projekt rozšířen. Pro účely výpočtu dodatečných peněžních toků z rozšířené části pro i -tý scénář a rok t je sestaven vzorec takto

$$FCF_{t,E}^i = FCF_t^i \cdot x, \quad (90)$$

kde x je velikost rozšíření projektu a $FCF_{t,E}^i$ pro i -tý scénář a opci na rozšíření projektu.

2. Výpočet $PV(FCF)$ z rozšířené části projektu k okamžiku rozšíření ($V_{t,E}^i$) pro jednotlivé scénáře.

Výpočet současné hodnoty FCF z rozšířené části projektu k okamžiku uplatnění opce i -tého scénáře v roce t k okamžiku rozšíření ($V_{t,E}^i$) je proveden ve dvou krocích:

- I. výpočet diskontovaných FCF pro jednotlivé roky a scénáře,
- II. součet diskontovaných FCF pro jednotlivé scénáře ($V_{t,E}^i$).

3. Výpočet vnitřní hodnoty opce na rozšíření (VH_E^i) pro jednotlivé scénáře.

Výpočet funkce vnitřní hodnoty opce na rozšíření je znázorněn ve vzorci (14). Výpočet vnitřní hodnoty opce na rozšíření pro každý scénář je znázorněn takto

$$VH_E^i = \text{MAX}(V_{t,E}^i - I_t^E; 0), \quad (91)$$

kde $V_{t,E}^i$ je velikost sumy diskontovaných dodatečných peněžních toků z rozšířené části projektu pro i -tý scénář a (I_t^E) jsou náklady na rozšíření projektu.

4. *Rozhodnutí o využití opce na rozšíření projektu (Ω) pro jednotlivé scénáře.*

Rozhodovací funkci pro i -tý scénář lze zapsat následujícím způsobem

$$\Omega \begin{cases} \text{rozšířit projekt pokud } VH_E^i > 0, \\ \text{nerozšířit projektu pokud } VH_E^i = 0. \end{cases} \quad (92)$$

kde VH_E^i je vnitřní hodnota opce na rozšíření projektu pro i -tý scénář.

5. *Výpočet současné hodnoty vnitřní hodnoty opce na rozšíření $PV(VH_E^i)$ pro jednotlivé scénáře.*

Vnitřní hodnota opce na rozšíření pro i -tý scénář VH_E^i je uvedena v současné hodnotě, avšak v současné hodnotě k okamžiku roku rozšíření projektu. Je potřeba tuto vnitřní hodnotu opce na rozšíření projektu i -tého scénáře převést (diskontovat) na současnou hodnotu k prvnímu roku počátku projektu.

6. *Výpočet NPV opce na rozšíření projektu NPV_E^i pro jednotlivé scénáře.*

Výpočet NPV opce na rozšíření projektu je určen vzorcem (15). Pro i -tý scénář je výpočet NPV_E^i opce na rozšíření projektu sestaven takto

$$NPV_E^i = PV(VH_E^i) + NPV_{bez\ opce}, \quad (93)$$

kde $PV(VH_E^i)$ je současná hodnota vnitřní hodnoty opce na rozšíření k prvnímu roku životnosti projektu i -tého scénáře a $NPV_{bez\ opce}$ je čistá současná hodnota projektu oceněného bez opce.

7. *Sestrojení funkce hustoty a histogramu četností očekávané NPV projektu a výpočet základního statistického rozložení.*

Jelikož je vypočtena hodnota projektu pro 1000 scénářů, je třeba vypočítat hodnoty, které popisují výsledky simulace v souhrnu. Pro tento popis byly vybrány výpočty

hodnoty střední hodnoty, směrodatné odchylky, mediánu, minima a maxima. Tyto charakteristiky pro ocenění s opcí na rozšíření projektu jsou uvedeny v tabulce 4.22.

Tabulka 4.22: Stručná charakteristika popisující všechny scénáře vývoje NPV (Kč)

střední hodnota	68 467 700
σ	87 210 747
medián	40 471 236
min	-16 144 789
max	757 084 935

Tabulka 4.23 zachycuje rozdělení jednotlivých výsledků simulace do 25 intervalů, jejich četnosti a pravděpodobnost s jakou budou tyto výsledky mít tuto velikost.

Byly zjištěny následující charakteristiky rozložení NPV projektu s opcí na rozšíření projektu:

Střední hodnota – (68 467 700 Kč) jedná se o očekávanou hodnotu NPV projektu, která je průměrnou hodnotou všech výsledků simulace (průměrná hodnota NPV).

Směrodatná odchylka – (87 210 747 Kč) signalizuje odchylku od střední hodnoty výsledků simulace.

Medián – (40 471 236 Kč) jedná se o prostřední hodnotu výsledku simulace (hodnotu NPV, jež polovina scénářů vykazuje větší hodnotu NPV než je tato a u poloviny scénářů je hodnota NPV menší).

Min – (-16 144 789 Kč) jedná se o nejhorší výsledek simulace (nejnižší NPV). V případě opce na předčasné ukončení je ztráta, tedy minimum, minimalizována, a proto je nižší než u projektu oceněného bez opce.

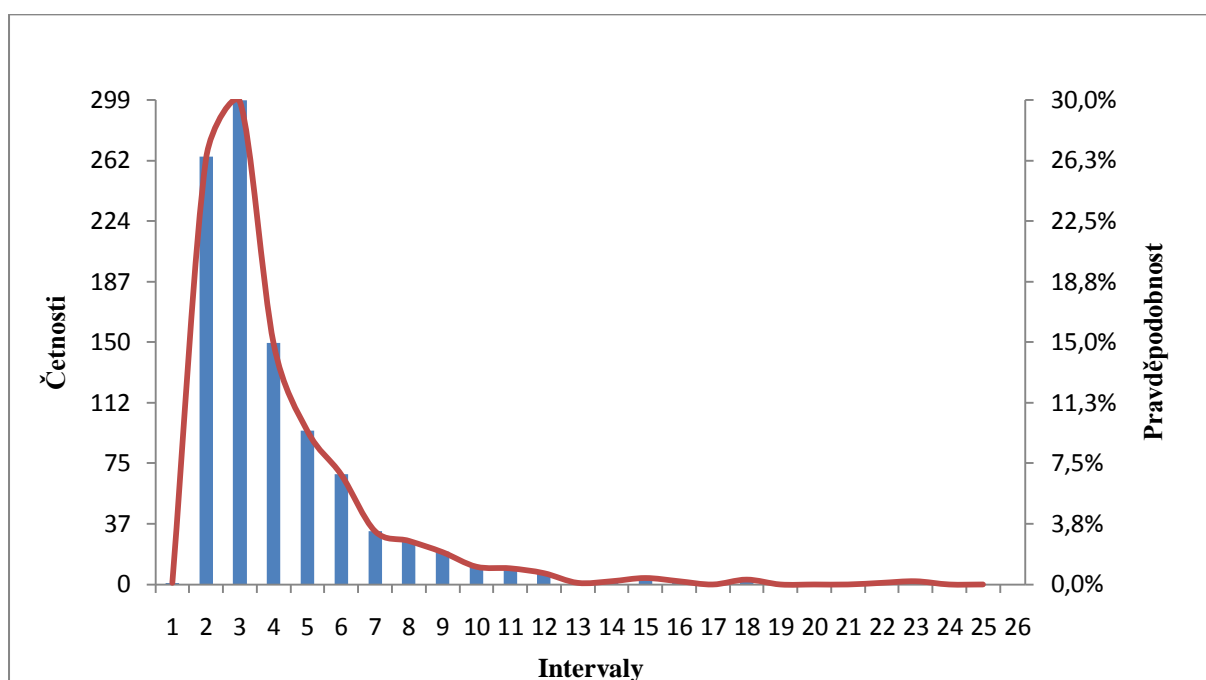
Max – (757 084 935 Kč) jedná se o nejlepší výsledek simulace (nejvyšší NPV).

Tabulka 4.23: Rozdělení scénářů vývoje NPV do intervalů a určení četností a pravděpodobností

OPCE na rozšíření projektu			
interval		četnos ti	pravděpodobnos t
1	-16 144 789	1	0,1%
2	16 073 116	264	26,4%
3	48 291 022	299	29,9%
4	80 508 927	149	14,9%
5	112 726 832	95	9,5%
6	144 944 737	68	6,8%
7	177 162 642	33	3,3%
8	209 380 547	27	2,7%
9	241 598 452	20	2,0%
10	273 816 358	11	1,1%
11	306 034 263	10	1,0%
12	338 252 168	7	0,7%
13	370 470 073	1	0,1%
14	402 687 978	2	0,2%
15	434 905 883	4	0,4%
16	467 123 788	2	0,2%
17	499 341 694	0	0,0%
18	531 559 599	3	0,3%
19	563 777 504	0	0,0%
20	595 995 409	0	0,0%
21	628 213 314	0	0,0%
22	660 431 219	1	0,1%
23	692 649 125	2	0,2%
24	724 867 030	0	0,0%
25	757 084 935	1	0,1%
SUMA		1 000	1

Nejvíce scénářů je zahrnuto v intervalu třetím, a to 299 scénářů spadá do tohoto intervalu. Dle četnosti je poté určena pravděpodobnost, s jakou se bude NPV v daném intervalu vyskytovat. Největší pravděpodobnost, jakou velikost bude mít NPV, vykazuje interval třetí, a to pravděpodobnost 29,9%. Graf 4.14 zachycuje funkci hustoty a histogram četností očekávaných NPV projektu oceněného s opcí na rozšíření projektu.

Graf 4.14: Zobrazení funkce hustoty a histogram četností očekávaného NPV s opcí na rozšíření



8. Citlivostní analýza opce na rozšíření projektu.

Je provedena citlivostní analýza opce na rozšíření projektu na změnu nákladů na rozšíření. V níže uvedené tabulce 4.24 je popsána změna čisté současné hodnoty s opcí na rozšíření a ceny opce, které nabývají různých hodnot se změnou nákladů na rozšíření, a to od velikosti nákladů na rozšíření 6 000 000 Kč po velikost 313 200 000 Kč. Z tabulky je patrné, že od hodnoty 313 200 000 Kč nákladů na rozšíření, je hodnota NPV s opcí rovna hodnotě NPV bez opce, tedy cena opce je rovna hodnotě 0Kč. Pokud je velikost nákladů na rozšíření vyšší než 313 200 000 Kč, je cena opce rovna nule a nevyplatí se projekt rozšiřovat za tyto náklady, pokud však jsou náklady na rozšíření nižší, je výhodné opci využít a projekt rozšířit s těmito náklady na rozšíření.

Hodnota nákladů na rozšíření, kdy NPV s opcí je rovna hodnotě NPV bez opce, je vypočtena pomocí modulu v Excelu *Řešitel*. Účelová funkce pro výpočet řešitele je znázorněna takto

$$\text{Účelová funkce: } NPV^E - NPV \rightarrow 0.$$

Měněnou buňkou je hodnota nákladů na rozšíření. Řešitel je zobrazen v obrázku 4.4.

Obrázek 4.4: Řešitel pro výpočet nákladů na rozšíření pro velikost ceny opce rovné 0Kč

Tabulka 4.24: Citlivost ceny opce na rozšíření na změnu nákladů na rozšíření

Citlivost ceny opce na rozšíření na změnu nákladů na rozšíření		
Náklady na rozšíření (Kč)	NPV s opcí	Cena opce (Kč)
6 000 000	68 483 455	5 169 678
10 000 000	67 567 792	4 254 015
15 000 000	66 734 782	3 421 005
20 000 000	66 106 206	2 792 429
50 000 000	64 354 920	1 041 143
75 000 000	63 830 613	516 836
100 000 000	63 637 791	324 014
150 000 000	63 435 941	122 164
313 200 000	63 313 777	0

9. Analýza rizika.

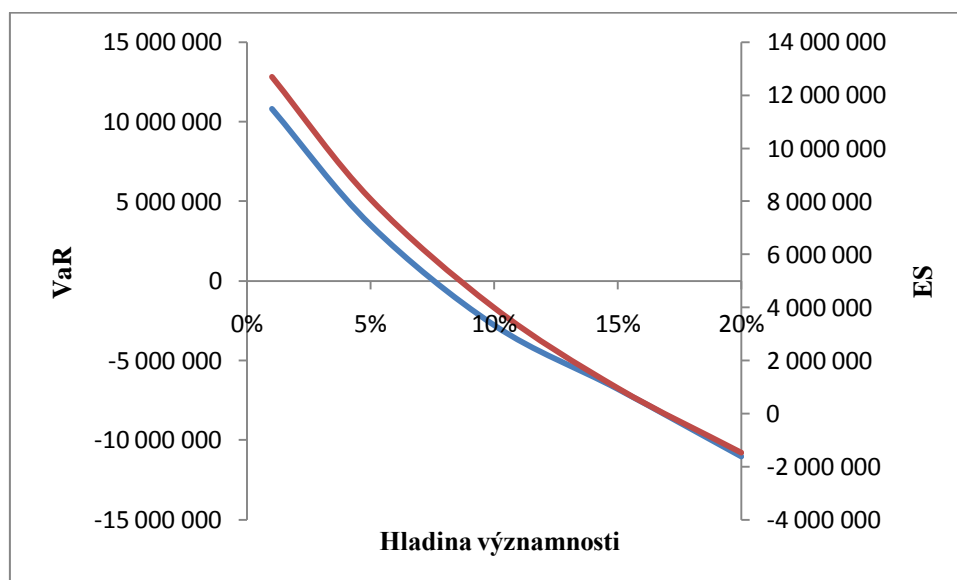
Možností jak predikovat výši ztráty na dané hladině spolehlivosti je použití metody VaR. Tabulka 4.25 a graf 4.15 zachycuje hodnoty VaR (Value at Risk) a ES (Expected shortfall) pro dané hladiny významnosti. Hladina významnosti 1% odděluje 1% nejhorších a 99% nejlepších výsledků. V tomto případě je hodnota odpovídající prvnímu percentilu rovna hodnotě –10 818 915 Kč. Tato záporná hodnota odpovídá kladné hodnotě VaR (protože VaR a ostatní měřítka typu VaR jsou definována jako ztráta) a říká, že výsledek na této hladině významnosti je ztráta ve výši 10 818 915 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 99% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota). Hodnota ukazatele ES na hladině významnosti 1% (vyjadřuje tedy průměrnou

výši ztráty za předpokladu, že je ztráta vyšší než předem stanovená hodnota) je 12 700 906 Kč.

Tabulka 4.25: Hodnoty VaR a ES pro ocenění projektu s opcí na rozšíření projektu (Kč)

Využití opce na rozšíření projektu		
hladina významnosti	VaR	ES
1%	10 818 915	12 700 906
5%	3 502 331	8 080 829
10%	-2 797 690	3 990 035
15%	-6 806 337	962 712
20%	-11 049 715	-1 469 617

Graf 4.15: Hodnota VaR a ES pro jednotlivé hladiny významnosti (Kč)



4.4.4 OPCE NA ZÚŽENÍ PROJEKTU (OPTION TO CONTRACT A PROJECT)

V situaci, kde se podmínky na trhu vyvíjí pro výrobu daného podniku nepříznivě, by mělo být zváženo, zda není vhodné projekt zúžit. K tomu je možno využít opci na zúžení projektu. Je uvažována evropská opce, kdy je možno zúžit výrobu v 10. roce od zahájení projektu a úspora investice (I_C) je udána ve velikosti 8 000 000 Kč. Rozsah zúžení je uvažován ve velikosti 20%. Vstupní data jsou uvedena v tabulce 4.26. NPV s opcí na zúžení projektu je vypočtena pro 1000 scénářů.

Tabulka 4.26: Vstupní data pro opci na zúžení projektu

OPCE na zúžení projektu	
Úspora investice	8 000 000
Rozsah zúžení	20%
Možnost využití opce na zúžení projektu	10. rok životnosti projektu

Postup určení NPV s opcí na zúžení projektu je vypočteno pomocí následujících kroků:

1. Výpočet očekávaných FCF projektu pro jednotlivé roky a scénáře projektu ze zúžené části projektu.

Nejprve je potřeba vypočítat peněžní toky ze zúžené části projektu, které plynou z projektu po desátém roce, kdy by mohl být projekt zúžen. Tyto peněžní toky jsou obětovány, pokud k zúžení dojde. Pro výpočet i -tého scénáře a roku t je sestaven vzorec takto

$$FCF_{t,C}^i = FCF_t^i \cdot y, \quad (94)$$

kde y je velikost zúžení projektu (20%).

2. Výpočet současné hodnoty FCF ze zúžené části projektu k okamžiku zúžení (V_C^i) pro jednotlivé scénáře.

Výpočet současné hodnoty FCF ze zúžené části projektu k okamžiku zúžení (V_C^i) je proveden ve dvou krocích:

- I. výpočet diskontovaných FCF pro jednotlivé roky t a i -té scénáře ($V_{t,C}^i$),
- II. součet diskontovaných FCF pro jednotlivé scénáře (V_C^i).

3. Výpočet vnitřní hodnoty opce na zúžení (VH_C^i) pro jednotlivé scénáře.

Výpočet funkce vnitřní hodnoty opce na zúžení projektu vychází ze vzorce (24). Pro i -tý scénář je výpočet vnitřní hodnoty opce na zúžení znázorněn takto

$$VH_C^i = \text{MAX}(I_C - V_C^i; 0), \quad (95)$$

kde V_C^i je velikost sumy diskontovaných peněžních toků ze zúžené části projektu pro i -tý scénář a I_C je úspora investic při zúžení projektu.

4. *Rozhodnutí o využití opce na zúžení projektu (Ω) pro jednotlivé scénáře.*

Rozhodovací funkci pro i -tý scénář lze zapsat následujícím způsobem

$$\Omega \begin{cases} \text{zúžit projekt pokud } VH_C^i > 0, \\ \text{pokračovat v projektu pokud } VH_C^i = 0. \end{cases} \quad (96)$$

kde VH_C^i je vnitřní hodnota opce na zúžení projektu pro i -tý scénář.

5. *Výpočet současné hodnoty vnitřní hodnoty opce na rozšíření $PV(VH_C^i)$ pro jednotlivé scénáře.*

Vnitřní hodnota opce na zúžení VH_C^i pro jednotlivé scénáře je uvedena v současné hodnotě, avšak v současné hodnotě k prvnímu roku zúžení projektu. Je potřeba tuto VH^i opce na zúžení projektu diskontovat na současnou hodnotu k prvnímu roku životnosti projektu. VH_C^i pro jednotlivé scénáře je diskontována náklady kapitálu na $PV(VH_C^i)$.

6. *Výpočet NPV opce na zúžení projektu pro jednotlivé scénáře NPV_C^i .*

Výpočet NPV opce na zúžení projektu vychází ze vzorce (23). Pro i -tý scénář je pro výpočet NPV opce na zúžení projektu sestaven vzorec takto

$$NPV_C^i = PV(VH_C^i) + NPV, \quad (97)$$

kde $PV(VH_C^i)$ je hodnota vnitřní hodnoty opce na zúžení v současné hodnotě pro i -tý scénář a NPV je NPV vypočteného tradičním způsobem bez použití opce.

7. *Sestrojení funkce hustoty a histogramu četností očekávané NPV projektu a výpočet základního statistického rozložení.*

Jelikož je vypočtena hodnota projektu pro 1000 scénářů, je třeba vypočítat hodnoty, které popisují výsledky simulace v souhrnu. Pro tento popis byly vybrány výpočty hodnoty střední hodnoty, směrodatné odchylky, mediánu, minima a maxima. Tyto charakteristiky pro ocenění s opcí na zúžení projektu jsou uvedeny v tabulce 4.27.

Tabulka 4.27: Stručná charakteristika popisující všechny scénáře vývoje NPV (Kč)

střední hodnota	63 889 097
σ	77 972 205
medián	38 393 718
min	-13 372 197
max	670 800 839

Tabulka 4.28 zachycuje rozdělení jednotlivých výsledků simulace do 25 intervalů, jejich četností a pravděpodobnost s jakou budou tyto výsledky mít tuto velikost.

Byly zjištěny následující charakteristiky rozložení NPV projektu s opcí na zúžení projektu:

Střední hodnota – (63 889 097 Kč) jedná se o očekávanou hodnotu NPV projektu, která je průměrnou hodnotou všech výsledků simulace (průměrná hodnota NPV).

Směrodatná odchylka – (77 972 205 Kč) signalizuje odchylky od střední hodnoty výsledků simulace.

Medián – (38 393 718 Kč) jedná se o prostřední hodnotu výsledku simulace (hodnotu NPV, jež polovina scénářů vykazuje větší hodnotu NPV než je tato a u poloviny scénářů je hodnota NPV menší).

Min – (-13 372 197 Kč) jedná se o nejhorší výsledek simulace (nejnižší NPV). V případě opce na předčasné ukončení je ztráta, tedy minimum, minimalizována, a proto je nižší než u projektu oceněného bez opce.

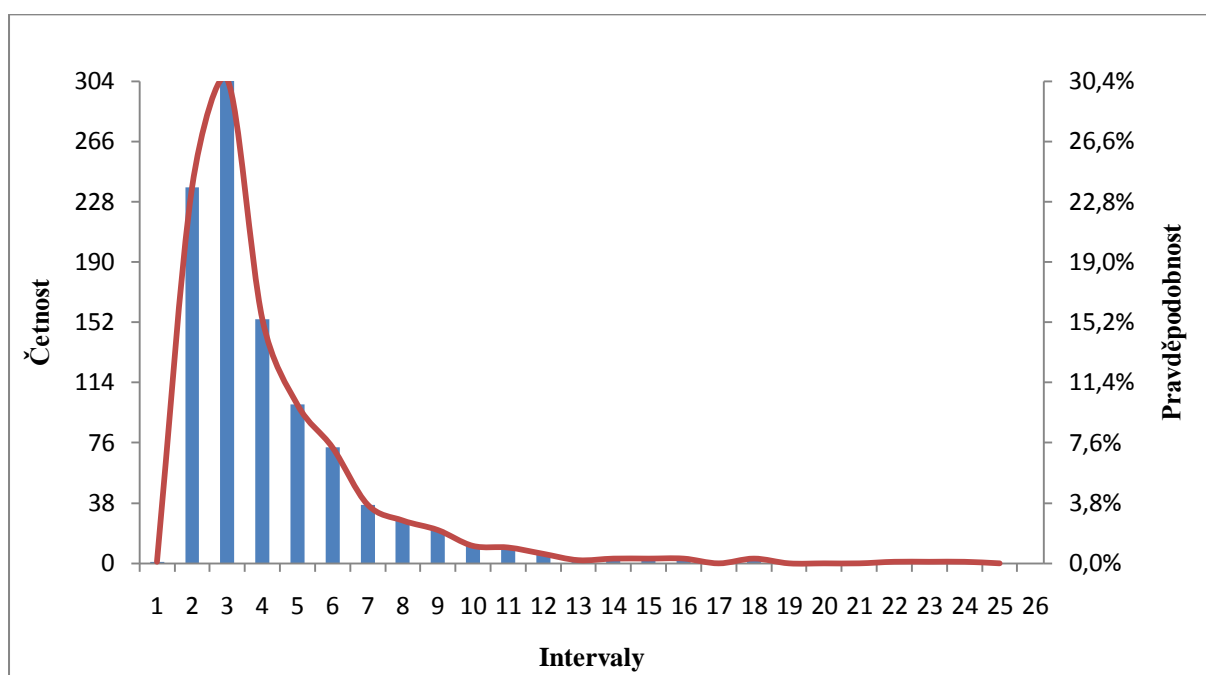
Max – (670 800 839 Kč) jedná se o nejlepší výsledek simulace (nejvyšší NPV).

Tabulka 4.28: Rozdělení scénářů vývoje NPV do intervalů a určení četností a pravděpodobností

OPCE na zúžení projektu			
interval		četnosti	pravděpodobnost
1	-13 372 197	1	0,1%
2	15 135 013	237	23,7%
3	43 642 223	305	30,5%
4	72 149 433	154	15,4%
5	100 656 642	100	10,0%
6	129 163 852	73	7,3%
7	157 671 062	37	3,7%
8	186 178 272	27	2,7%
9	214 685 482	21	2,1%
10	243 192 692	11	1,1%
11	271 699 901	10	1,0%
12	300 207 111	6	0,6%
13	328 714 321	2	0,2%
14	357 221 531	3	0,3%
15	385 728 741	3	0,3%
16	414 235 950	3	0,3%
17	442 743 160	0	0,0%
18	471 250 370	3	0,3%
19	499 757 580	0	0,0%
20	528 264 790	0	0,0%
21	556 772 000	0	0,0%
22	585 279 209	1	0,1%
23	613 786 419	1	0,1%
24	642 293 629	1	0,1%
25	670 800 839	0	0,0%
SUMA		1 000	1

Nejvíce scénářů je zahrnuto v intervalu třetím, a to 305 scénářů spadá do tohoto intervalu. Dle četnosti je poté určena pravděpodobnost, s jakou se bude NPV v daném intervalu vyskytovat. Největší pravděpodobnost, jakou velikost bude mít NPV, vykazuje interval třetí, a to pravděpodobnost 30,5%. Graf 4.16 zachycuje funkci hustoty a histogram četností očekávaných NPV projektu oceněného s opcí na zúžení projektu.

Graf 4.16: Zobrazení funkce hustoty a histogram četností očekávaného NPV s opcí na zúžení



8. Citlivostní analýza opce na zúžení projektu.

Je provedena citlivostní analýza opce na zúžení projektu na změnu úspory investice a na změnu rozsahu zúžení. V níže uvedené tabulce 4.29 a 4.30 je popsána změna čisté současné hodnoty projektu s opcí na zúžení a ceny opce, které nabývají různých hodnot se změnou úspor investice a rozsahu úspor, a to od velikosti úspory investice 100 000 Kč po velikost 50 000 000 Kč. Z tabulky 4.29 je patrné, že od hodnoty 200 000 Kč úspory investice, je hodnota NPV s opcí rovna hodnotě NPV bez opce, tedy cena opce je rovna hodnotě 0 Kč. Pokud je velikost úspory investice nižší než 200 000 Kč, je cena opce rovna nule a nevyplatí se projekt zužovat, pokud však jsou úspory investice vyšší, je výhodné opci využít a projekt zúžit.

Hodnota úspor investice, kdy NPV s opcí je rovna hodnotě NPV bez opce, je vypočtena pomocí modulu v Excelu *Řešitel*. Účelová funkce pro výpočet řešitele je znázorněna takto

$$\text{Účelová funkce: } NPV^C - NPV \rightarrow 0. \quad (98)$$

Měněnou buňkou je hodnota úspory investice a velikost zúžení. Řešitel je zobrazen v obrázku 4.5.

Obrázek 4.5: Řešitel pro výpočet úspor investice a rozsah zúžení pro velikost ceny opce = 0 Kč

Tabulka 4.29: Citlivost ceny opce na zúžení projektu na změnu úspory investice

Citlivost ceny opce na zúžení projektu v rozsahu 20% na změnu úspory investice		
Úspora Investice (Kč)	NPV s opcí	Cena opce (Kč)
100 000	63 313 777	0
200 000	63 313 777	0
1 000 000	63 314 514	737
5 000 000	63 508 517	194 740
8 000 000	63 889 097	575 320
10 000 000	64 227 508	913 731
20 000 000	66 583 012	3 269 234
50 000 000	76 282 995	12 969 218

Tabulka 4.30: Citlivost ceny opce na zúžení projektu na změnu rozsahu zúžení

Citlivost ceny opce na zúžení projektu na změnu rozsahu zúžení při konstantní úspoře investic při zúžení		
Rozsah zúžení	NPV s opcí	Cena opce (Kč)
20%	63 889 097	575 320
30%	63 656 075	342 298
40%	63 530 790	217 013
50%	63 455 839	142 062
60%	63 408 516	94 739
70%	63 381 521	67 744

9. Analýza rizika.

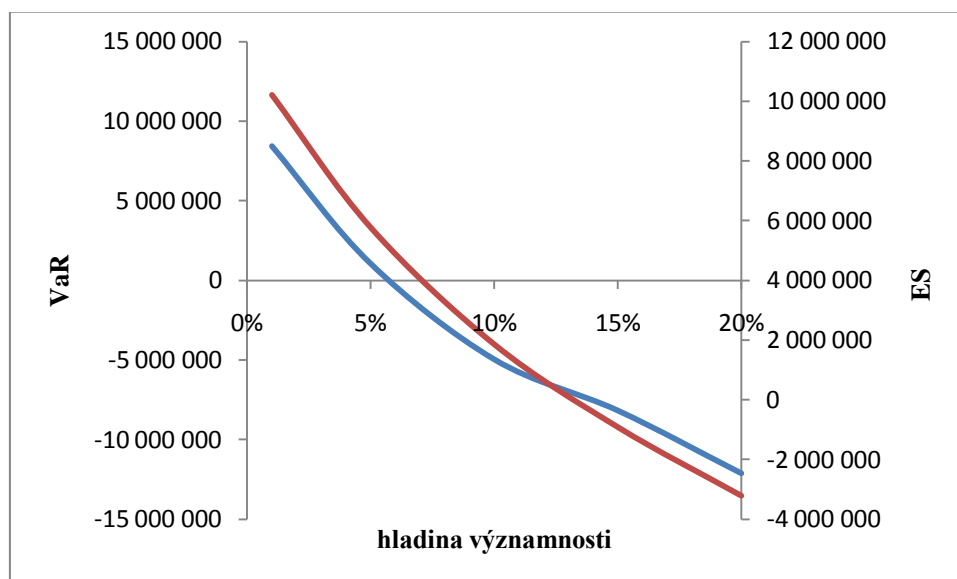
Možností jak predikovat výši ztráty na dané hladině spolehlivosti je použití metody VaR. Tabulka 4.31 a graf 4.17 zachycuje hodnoty VaR (Value at Risk) a ES (Expected shortfall) pro dané hladiny významnosti. Hladina významnosti 1% odděluje 1% nejhorších a 99% nejlepších výsledků. V tomto případě je hodnota odpovídající prvnímu percentilu rovna hodnotě –8 433 429 Kč. Tato záporná hodnota odpovídá kladné

hodnotě VaR (protože VaR a ostatní měřítka typu VaR jsou definována jako ztráta) a říká, že výsledek na této hladině významnosti je ztráta ve výši 8 433 429 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 99% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota). Hodnota ukazatele ES na hladině významnosti 1% (vyjadřuje tedy průměrnou výši ztráty za předpokladu, že je ztráta vyšší než předem stanovená hodnota) je 10 215 940 Kč.

Tabulka 4.31: Hodnoty VaR a ES pro ocenění projektu s opcí na zúžení projektu (Kč)

Využití opce na zúžení projektu		
hladina významnosti	VaR	ES
1%	8 433 429	10 215 940
5%	1 040 989	5 771 289
10%	-4 970 025	1 858 765
15%	-8 184 273	-913 617
20%	-12 128 566	-3 212 754

Graf 4.17: Hodnota VaR a ES pro jednotlivé hladiny významnosti (Kč)



5 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Pro účely ocenění projektu výroby byl použit přístup na bázi reálných opcí s využitím simulace. U ocenění projektu metodou NPV se předpokládalo, že do projektu během doby životnosti nebude zasahováno. U ocenění projektu metodologií reálných opcí se uvažuje s možností zásahu do projektu, a to z důvodu možných změn na trhu, který tuto výrobu ovlivňuje. Hodnota ocenění již potom bude zahrnovat jak čistou současnou hodnotu výrobního projektu, tak hodnotu flexibility rozhodování managementu. Pro účely ocenění projektu metodologií reálných opcí bylo uvažováno s opcí na přerušení projektu, opcí na předčasné ukončení projektu, opcí na rozšíření projektu a opcí na zúžení projektu. Tabulka 4.32 a 4.33 zachycuje výsledky simulací vývoje NPV (statistické ukazatele funkce hustoty pro příslušný typ reálné opce). Graf 4.18 zachycuje funkci hustoty očekávaných NPV u ocenění bez opce a ocenění metodologií reálných opcí.

Reálné opce lze rozdělit na dvě skupiny:

1. *Reálné opce MINIMALIZUJÍCÍ ZTRÁTY.*

Pro účely minimalizování ztráty z projektu slouží reálné opce, které lze uplatnit v případě nepříznivých podmínek na trhu, které snižují NPV projektu. Pokud jsou podmínky na trhu pro realizovaný projekt nepříznivé, mohou být využity reálné opce, a to zejména:

I. *Opce na předčasné ukončení projektu.*

Jak je možno vidět v tabulce 4.32 a 4.33, jsou hodnoty minima, tedy hodnoty nejhoršího možného očekávaného NPV s opcí na ukončení projektu o více než třetinu nižší než hodnoty minima u NPV bez opce. Hodnoty ztráty je tedy minimalizována. Opce na předčasné ukončení vykazuje taky jinou hodnotu maximálního očekávaného NPV, a to nižší než u ocenění bez opce.

II. *Opce na zúžení projektu.*

Opce na zúžení projektu slouží k minimalizaci ztrát v důsledku nepříznivého vývoje na trhu, kde je využita, pokud peněžní toky ze zúžené části jsou nižší než prodejní cena projektu. Jelikož jde o zúžení projektu při nepříznivých podmínkách, tak

hodnota minima pro tuto opci je opět na lepší úrovni než u ocenění bez opce, ale hodnota maxima je již stejná jako u ocenění bez opce.

III. Opce na přerušení projektu

Opce na přerušení projektu nebyla využita, proto vykazuje stejné hodnoty jako v případě ocenění bez opce. Opce na přerušení výroby je využita pouze tehdy, když VN na jednotku produkce jsou nižší než cena produkce. To však v případě ocenění tohoto projektu nemohlo nastat z důvodu stanovení ceny produkce flexibilně s 15% ziskovou marží připočtenou k PN na jednotku produkce.

2. Reálné opce MAXIMALIZUJÍCÍ ZISK.

Pro účely maximalizování zisku slouží opce, které reagují na příznivé podmínky na trhu.

Patří zde :

I. Opce na rozšíření projektu.

Opce na rozšíření projektu nám neminimalizuje ztráty, tedy hodnoty minima zůstávají u opce na rozšíření stejné jako u ocenění bez opce. Opce na rozšíření vykazuje díky využití dobrých tržních podmínek změnu oproti ocenění bez opce v hodnotě maxima, tedy nejlepší možný scénář nabývá této velikosti očekávaného NPV.

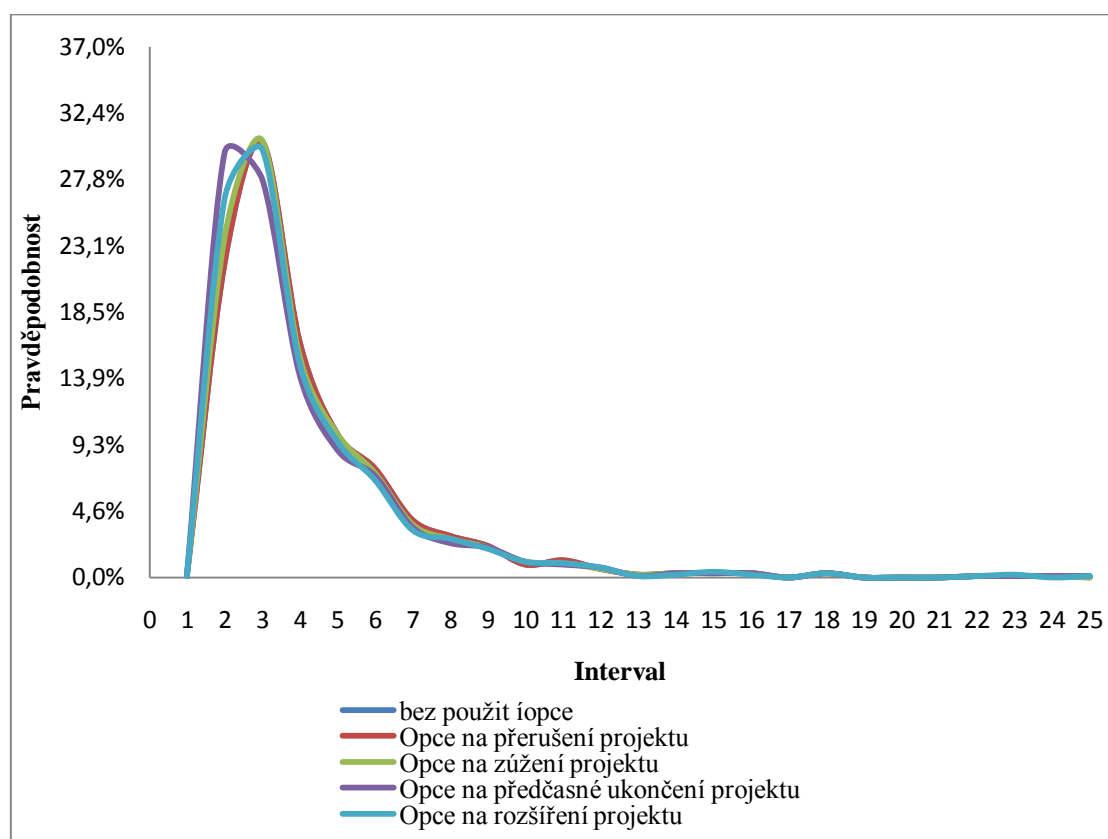
Tabulka 4.32: Výsledné statistické rozložení charakterizující 1000 scénářů vývoje NPV u ocenění projektu bez opce (Kč)

	projekt bez použití opce
min	-16 144 788,7
max	670 800 838,8
střední hodnota	63 313 777,1
medián	38 393 718,1

Tabulka 4.33: Výsledné statistické rozložení charakterizující 1000 scénářů vývoje NPV u ocenění projektu metodologií reálných opcí (Kč)

	přerušení projektu	ukončení projektu	rozšíření projektu	zúžení projektu
min	-16 144 788,7	-9 286 279,1	-16 144 788,7	-13 372 196,79
max	670 800 838,8	670 800 838,8	757 084 934,8	670 800 838,84
SH	63 313 777,1	63 911 158,9	68 483 454,9	63 889 097,03
medián	38 393 718,1	38 626 922,8	40 471 236,2	38 393 718,13

Graf 4.18: Funkce hustoty očekávaných NPV z projektu oceněného bez opce a s opcí



POROVNÁNÍ OCENĚNÉHO PROJEKTU PODLE MOŽNÉ ZTRÁTY

Pro účely porovnání jednotlivých očekávaných NPV, které byly oceněny jak metodou bez opce, tak metodou s opcí, byly seřazeny všechny NPV dle jednotlivých scénářů od nejmenší po největší a byl nalezen příslušný pátý kvantil (v případě 1000 výsledků je to 50. nejhorší výsledek). Srovnání hodnoty ztráty VaR, ES a střední hodnota pro projekt oceněný bez opce a za pomoci reálných opcí je uvedeno v tabulce 4.34.

Tabulka 4.34: Srovnání projektu podle možné ztráty u jednotlivých druhů ocenění v (Kč)

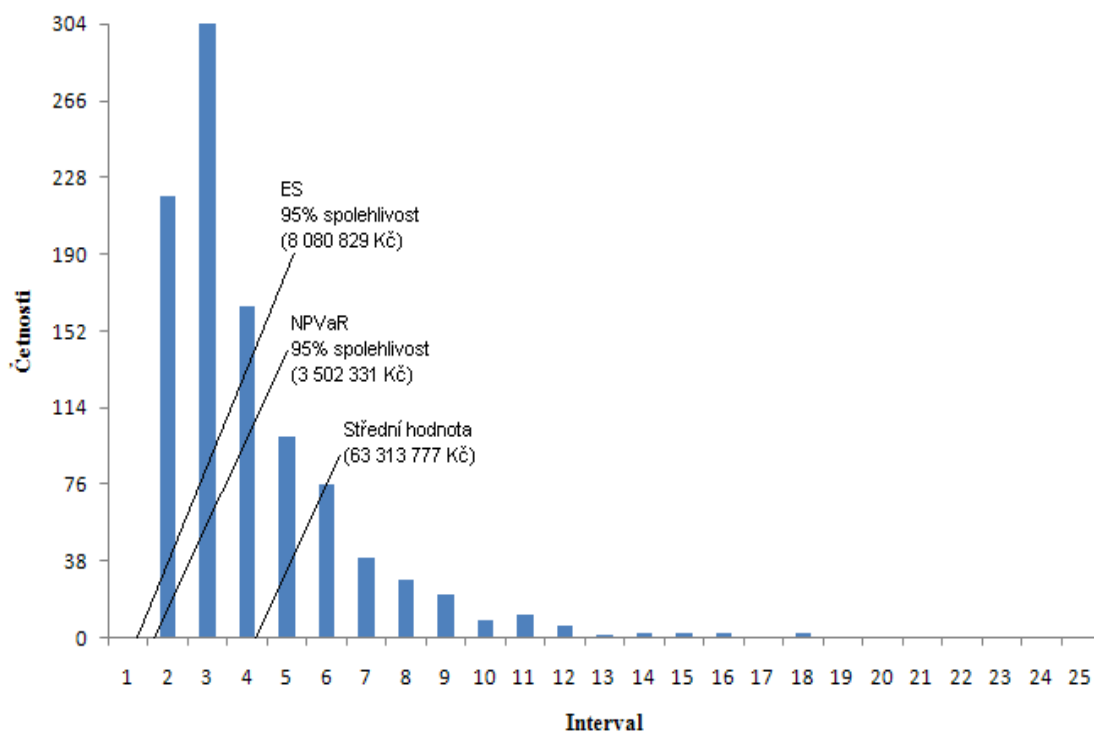
Kč	projekt bez opce	dočasné přerušení	ukončení	rozšíření	zúžení
VaR	3 502 331	3 502 331	595 632	3 502 331	1 040 989
ES	8 080 829	8 080 829	3 935 931	8 080 829	5 771 289
SH	63 313 777,1	63 313 777,1	60 238 256,5	68 483 454,9	63 889 097,0

Histogram četností očekávané NPV byl sestrojen pro:

1. *Ocenění bez opce.*

Graf 4.19 zachycuje histogram četností očekávané NPV (VaR je označeno v těchto grafech jako NPVaR). Četnosti očekávané NPV jsou rozděleny do jednotlivých intervalů, jejichž hodnoty očekávaných NPV jsou zachyceny v tabulce 4.11. Pozitivní hodnoty očekávané NPV v daných intervalech odpovídají zisku (kladná NPV), záporné hodnoty pak ztrátám (záporná NPV). Je-li hladina spolehlivosti 95%, pak VaR je dána odpovídající zápornou hodnotou NPV v daném intervalu na ose x. Tato hodnota odděluje 5% nejhorších výsledků od 95% nejlepších výsledků. V tomto případě hodnota na ose x odpovídající pátému percentilu je rovna – 3 502 331 Kč. Tato záporná hodnota odpovídá kladné hodnotě VaR (protože VaR a ostatní měřítka typu VaR jsou definovány jako ztráta) a říká, že výsledek na této hladině spolehlivosti je ztráta ve výši 3 502 331 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 95% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota). Hodnota ukazatele ES na hladině spolehlivosti 95% (průměrná výše ztráty za předpokladu, že je ztráta vyšší než předem stanovená hodnota, je 8 080 829 Kč). Střední hodnota očekávané NPV je 63 313 777 Kč.

Graf 4.19: Histogram četností očekávané NPV bez opce



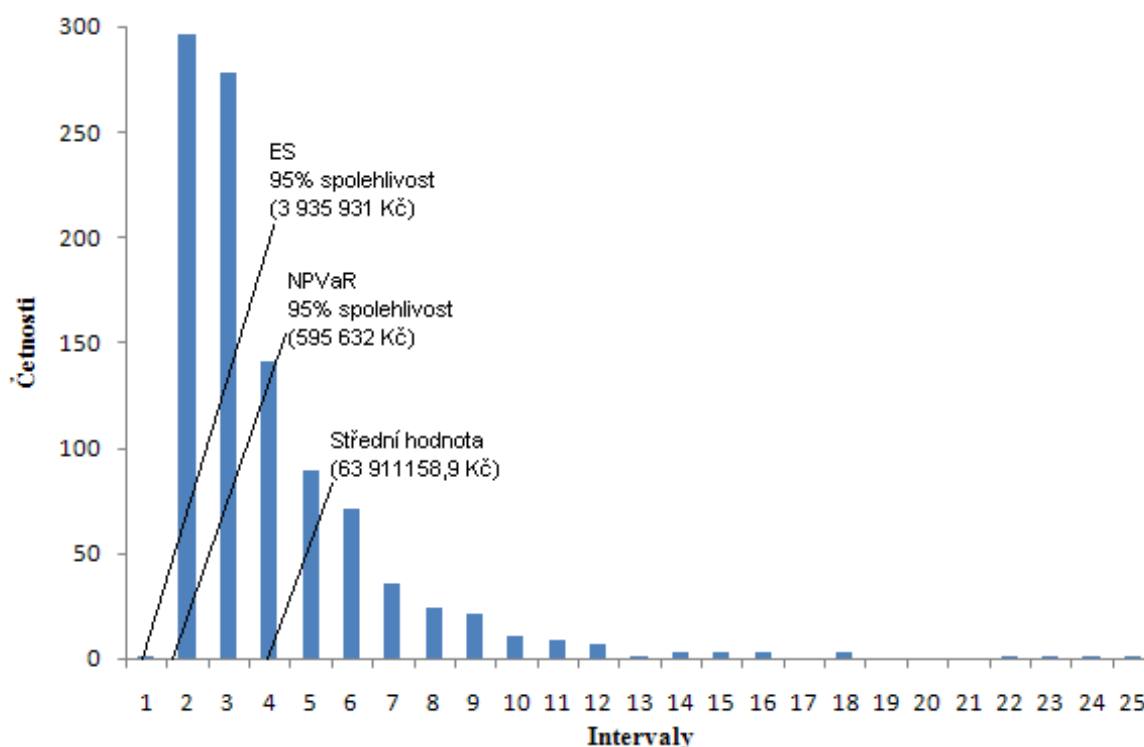
2. Ocenění projektu s opcí na dočasné přerušení projektu.

U ocenění projektu s opcí na dočasné přerušení jsou hodnoty VaR, ES a střední hodnoty stejné jako u ocenění projektu bez opce z důvodu nevyužití této opce na dočasné přerušení projektu. Histogram četnosti očekávané NPV je proto stejný jako graf 4.19.

3. Ocenění projektu s opcí na předčasné ukončení projektu.

Graf 4.20 zachycuje histogram četností očekávané NPV s opcí na předčasné ukončení projektu. Četnosti očekávané NPV jsou rozděleny do jednotlivých intervalů, jejichž hodnoty očekávaných NPV jsou zachyceny v tabulce 4.18. V tomto případě hodnota na ose x odpovídající pátému percentilu je rovna – 595 632 Kč. Výsledek na této hladině spolehlivosti je ztráta ve výši 595 632 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 95% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota. Hodnota ukazatele ES na hladině spolehlivosti 95% je 3 935 931 Kč. Střední hodnota očekávané NPV je 63 911 158,9 Kč.

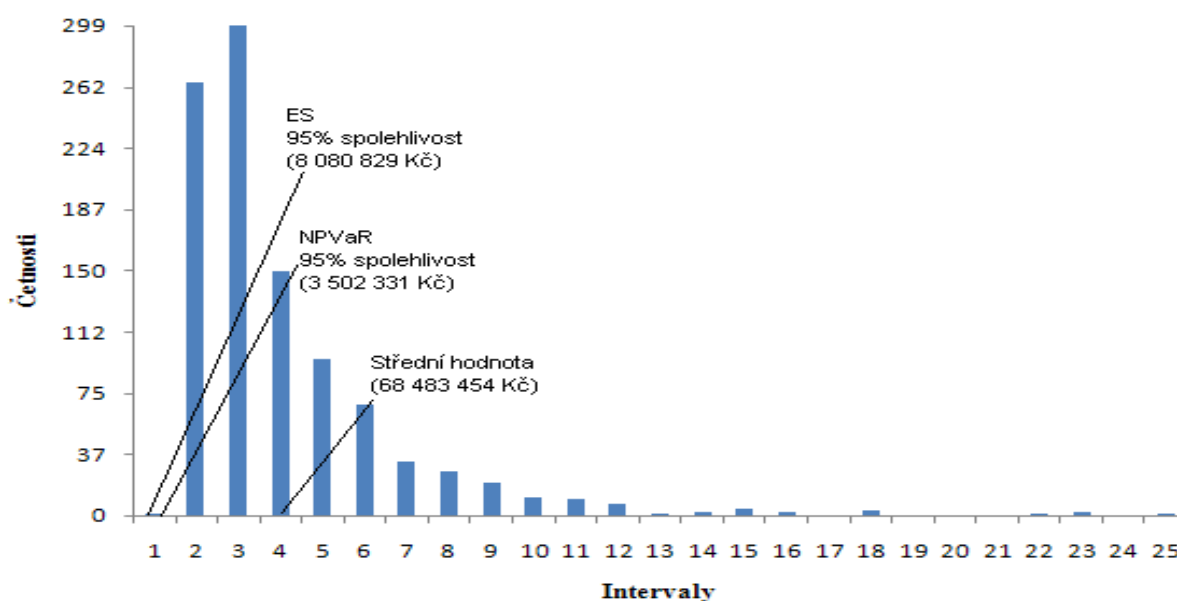
Graf 4.20: Histogram četností očekávané NPV s opcí na předčasné ukončení projektu



4. Ocenění projektu s opcí na rozšíření projektu.

Graf 4.21 zachycuje histogram četností očekávané NPV s opcí na rozšíření projektu. Četnosti očekávané NPV jsou rozděleny do jednotlivých intervalů, jejichž hodnoty očekávaných NPV jsou zachyceny v tabulce 4.23. Hodnota VaR na ose x odpovídající pátému percentilu je rovna – 3 502 331 Kč. Výsledek na dané hladině spolehlivosti je ztráta ve výši 3 502 331 Kč. Hodnota ukazatele ES na hladině spolehlivosti 95% je 8 080 829 Kč. Střední hodnota očekávané NPV je 68 483 454 Kč.

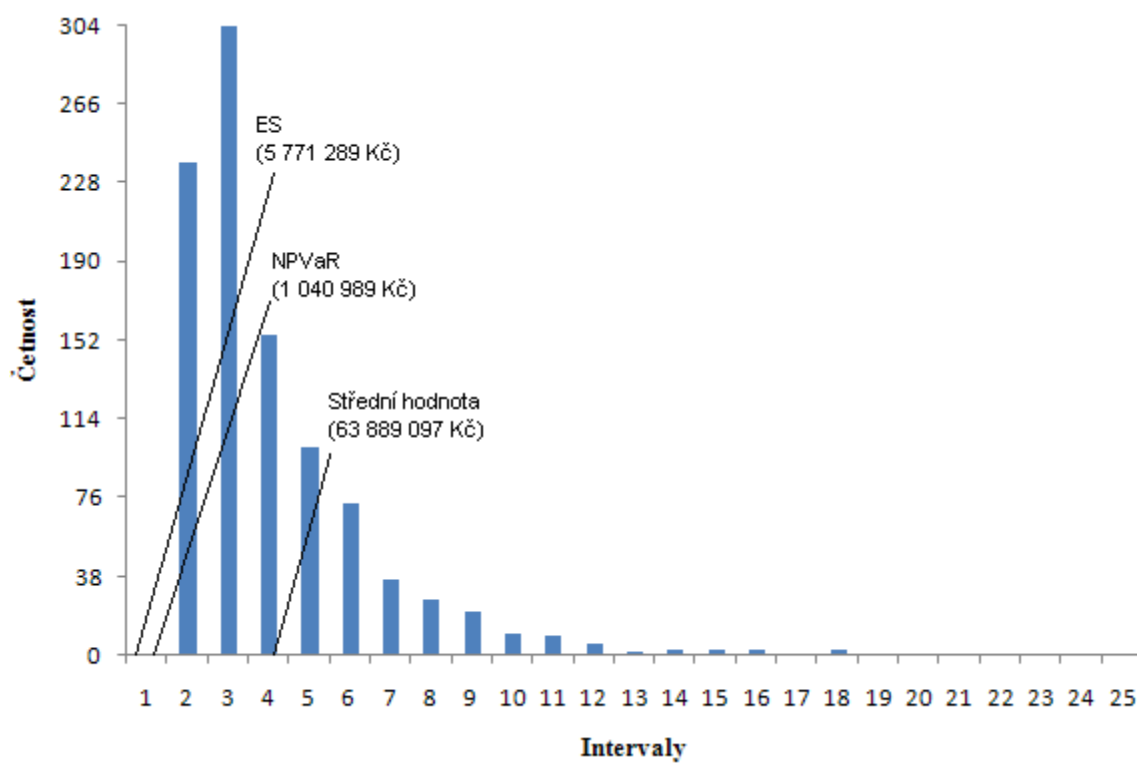
Graf 4.21: Histogram četností očekávané NPV s opcí na rozšíření projektu



5. Ocenění projektu s opcí na zúžení projektu.

Graf 4.22 zachycuje histogram četností očekávané NPV s opcí na zúžení projektu. Četnosti očekávané NPV jsou rozděleny do jednotlivých intervalů, jejichž hodnoty očekávaných NPV jsou zachyceny v tabulce 4.28. Hodnota na ose x odpovídající pátému percentilu je rovna – 1 040 989 Kč. Výsledek na dané hladině spolehlivosti je ztráta ve výši 1 040 989 Kč. Lze tedy konstatovat, že s pravděpodobností 95% ztráta projektu nebude vyšší než tato hodnota). Hodnota ukazatele ES na hladině spolehlivosti 95% je 5 771 289 Kč. Střední hodnota očekávané NPV je 63 889 097 Kč.

Graf 4.22: Histogram četností očekávané NPV s opcí na zúžení projektu



6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo ocenění výrobního projektu společnosti Erlen, s.r.o. aplikací metodologie reálných opcí. Pro ocenění byly použity základní přístupy: tradiční přístup ocenění investice NPV (Net Present Value) a metodologie reálných opcí. Ocenění bylo provedeno na bázi simulací 1000 scénářů po dobu životnosti projektu.

Aplikací přístupu NPV byl projekt oceněn bez zohlednění budoucích možných zásahů do projektu. Budoucí možné zásahy do projektu a flexibilní rozhodování manažerů bylo zohledněno při aplikaci reálných opcí na projekt. Flexibilitou se rozumí aktivní řízení projektů a tedy možnost zasahovat do již zahájených projektů s cílem zvyšovat ziskovost projektu případně eliminovat možné ztráty.

Diplomová práce byla rozčleněna do čtyř kapitol.

Teoretická část se věnovala komplexní charakteristice a popisu reálných opcí, a to aplikaci reálných opcí společně s typologií reálných opcí a popisem oceňování reálných opcí. Pro potřeby aplikačně-ověřovací části byla věnována pozornost také charakteristice základního parametru sloužícího k hodnocení projektu, a to kritériu NPV (Net Present Value), dále pak charakteristice simulace náhodného vývoje aktiv a charakteristice hodnoty VaR a Expected Shortfall.

V úvodu aplikačně-ověřovací části diplomové práce byla kapitola věnována popisu podniku a projektu, na který byla následně aplikována metodologie reálných opcí.

Nejprve bylo nutno vypočítat vstupní údaje potřebné pro aplikaci této metodologie. Tyto údaje byly vypočteny v podkapitolách věnovaných odhadu modelu včetně statistických testů (odhad modelu pro vývoj kurzu CZK/USD a odhad modelu pro vývoj ceny zinku), predikci vývoje náhodných proměnných pro odhad cen produkce (predikce kurzu CZK/USD a ceny zinku dle GBP, predikce provozních nákladů, predikce ceny produkce), ocenění projektu tradiční metodou NPV.

Po výpočtu veškerých potřebných údajů byla poslední podkapitola věnována ocenění projektu pro vybrané typy opcí, a to pro opci na dočasné přerušení projektu, opci na ukončení

výroby, opci na zúžení projektu a opci na rozšíření projektu. Pro všechny typy opcí byla provedena citlivostní analýza a analýza rizika.

Poslední kapitola aplikačně-ověřovací části se zabývala zhodnocením a srovnáním výsledků získaných oceněním projektu jak na základě tradičního kritéria používaného pro investiční rozhodování, kritéria NPV, tak na základě ocenění projektu metodologií reálných opcí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

a) Knihy, příspěvky ze sborníku

ČULÍK, M. *Reálné opce a jejich vliv na rozhodování firmy*. Doktorská disertační práce, Ekf VŠB-TU Ostrava, 2003.

DLUHOŠOVÁ, D. *Finanční řízení a rozhodování podniku*. Praha: Ekopress, 2006. 189 s. ISBN 80-86119-58-0.

DLUHOŠOVÁ, D.; ČULÍK, M.; TICHÝ, T.; ZMEŠKAL, Z. *Aplikace metodologie reálných opcí ve finančním rozhodování*. Ekf VŠB-TU Ostrava, 2007. 215 s. ISSN-ISBN 80-248-1061-1.

DOWD, Kevin. *Measuring market risk*. Second edition. West Sussex: John Wiley&Sons, 2005. 390 s. ISBN 0-47001303-6.

JÍLEK, J. *Finanční rizika*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. 635 s. ISBN 80-7169-579-3.

MUN, Jonathan. *Real options analysis : tools and techniques for valuing strategic investments and decisions / Johnathan Mun*. New York : J. Wiley, cop. 2002. - XXVII, 386 s. ISBN 0-471-25696-X.

TRIGEORGIS, Lenos. *Real Options: Managrial flexibility and strategy in resource allocation*. The MIT Press, Cambridge, 1998. 427 s. ISBN 0-262-20102-X.

TRIGEORGIS, L. SCHWARTZ, E. S.: *Real Options and Investments under Uncertainty*. The MIT Press, Cambridge, 2001. 871 s. ISBN 0-262-19446-5.

ZMEŠKAL, Zdeněk; ČULÍK, Miroslav; TICHÝ, Tomáš. *Finanční rozhodování za rizika*. 2. vyd. Ostrava: VŠB-TUO, 2005. 152 s. ISBN 80-248-0840-4.

ZMEŠKAL, Zdeněk a kol. *Finanční modely*. 2. vyd. Praha: Ekopress, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4.

b) Elektronické publikace a ostatní internetové zdroje

ČULÍK, M.: Investment project valuation as a portfolio of real options (simulation approach). In European Journal of Management, Volume 8, Number 1, Stockholm, Sweden, 2008. ISSN: 1555-4015.

ČULÍK, M.: Valuation of multiple real options (simulation approach). International Conference on Business, Economics, Management and Marketing. Paříž, Francie, 2009. ISSN: 2070-3740.

ČULÍK, M.: Možnosti ocenění a analýzy rizika projektu v odvětví energetiky. In Evropské finanční systémy, Brno, 2007. ISBN 978-80-210-4319-0.

ČULÍK, M.: VaR-type measures application for risk analysis of a project in the energy generating sector. In Theory and practice of marketing and management, Minsk, Belarus, 2007. ISBN: 978-985-6544-91-3.

www.finance.cz

www.cnb.cz

www.damodaran.cz

www.mfcr.cz

www.real-option.com

www.lme.com

www.patria.cz

SEZNAM ZKRATEK

NPV – (Net Present Value) čistá současná hodnota

VaR – Valeu at Risk

ES – Expected Shortfall

GBP – geometrický Brownův proces

JKV – jednorázové kapitálové výdaje

INV – investice

$\Delta\check{CPK}$ - přírůstek čistého pracovního kapitálu

EAT – čistý zisk (Earnings After Taxes)

FCF – Free cash flow

WACC – náklady na celkový kapitál

CAPM – Capital Asset Pricing Model

$E(R_E)$ - očekávaný výnos vlastního kapitálu

APM - Arbitrážní model oceňování

T – doba životnosti investice

A_t - zůstatková cena

PN_t - provozní náklady na jednotku produkce

P_t - cena za jednotku produkce

VH – vnitřní hodnota opce

Q – objem výroby

FN_t - fixní náklady v roce t

d – daň

S - tržní cena

$\hat{\alpha}$ - trendový parametr GBP

σ - směrodatná odchylka

ε_t - reziduum v čase t

PV – současná hodnota

PROHLÁŠENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

Adresa trvalého bydliště studenta

.....

Petra Pališková

jméno a příjmení